Public Works Canada
Travaux publics Canada

Architectural and Engineering Services
Services d'architecture et de génie

Building Performance Evaluation Series

Pollution Migration

Document D02

Canada

89-02047/

Building Performance Evaluation Series

Pollution Migration

Document D02

AES 1-4:86-19

March 1988

The contents of this document represent the views of the authors and are not necessarily the views or policies of Public Works Canada.

The Minister of Public Works makes no representation or warranty, express or implied, with respect to this publication or the programs or information described in this publication, their quality, merchantability, or fitness for any particular purpose, or their adequacy to produce any particular result. In no event shall the Minister or Her Majesty the Queen in right of Canada, Her employees, servants or agents be legally liable to any person or persons for any damage, whether direct, indirect or consequential, resulting from the use of said publication or the programs or the information contained therein.

Published by Architectural and Engineering Services
Public Works Canada

Public Works Canada / Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title POLLUTION MIGRATION	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-19
	3. Date March 1988
4. Author(s) T.A. McKenna	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. D02
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-548, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 29
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

The migration of contaminants and odours is detrimental to the air quality of the work environment. To evaluate and control pollution migration it is necessary to understand the routes and the extent to which pollutants move from their source to other parts of the building.

A pollution migration test is conducted when a pollutant or odour is present at concentrations high enough to pose problems and the probable source of the pollutant is known. This document describes three stages of testing for the investigation of pollutant migration. The stages involve a preliminary assessment, simple measurement techniques and detailed testing using the tracer gas technique. Test results can be used to implement better source controls and to eliminate migration routes.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP D02b	21. Price

TABLE OF CONTENTS

1.	**INTRODUCTION**	1
1.1	Purpose and Objectives	1
1.2	Background Information	1
2.	**TERMS OF REFERENCE**	3
2.1	General Framework	3
2.2	Limitations of the Evaluation Technique	3
3.	**METHODOLOGY**	4
3.1	Stage I – Preliminary Assessment	4
3.1.1	Description of Techniques	4
3.1.2	Equipment	4
3.1.3	Detailed Procedure	4
3.1.4	Analysis and Assessment	5
3.1.5	Resource Allocation and Timing	6
3.1.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	6
3.2	Stage II – Simple Measurement Techniques	6
3.2.1	Description of Techniques	6
3.2.2	Equipment	6
3.2.3	Detailed Procedure	7
3.2.4	Analysis and Assessment	8
3.2.5	Resource Allocation and Timing	8
3.2 6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	8
3.3	Stage III – Specialized In-Depth Monitoring	8
3.3.1	Description of Techniques	8
3.3.2	Equipment and Supplies	9
3.3.3	Detailed Procedure	10
3.3.4	Analysis and Assessment	13
3.3.5	Resource Allocation and Timing	15
3.3.6	Documentation: Creation and Retention of Working Papers	15
4.	**REFERENCES**	16
5.	**APPENDICES**	17
5.1	Standard Terms and Units of Measurement	17
5.2	Governing Authorities and Regulations	17
5.3	Tracer Gases and Their Properties	17
5.4	Sources of Materials and Equipment	18
5.5	AID Model 511 Gas Chromatograph Start-Up and Calibration	18
5.5.1	Gas Chromatograph Set-up	18
5.5.2	Detector Signal Verification	19
5.5.3	Calibration	20

5.6	Estimation of Desirable Release Rates	26
5.7	Pollution Migration Data Sheets	27
5.8	Building Performance Evaluation Document List	29

LIST OF FIGURES

3.3.1	Example of a Chromatogram	12
3.3.2	Release and Sample Sites	14
3.3.3	Concentration versus Time Plots	15
5.5.1	Integrator Parameters (Plot mode)	19
5.5.2	Example of Detector Cell Output	19
5.5.3	Standing Current Test	20
5.5.4	Integrator Parameters	20
5.5.5	SF_6 – Peak Area Calibration	21
5.5.6	SF_6 – Peak Height Calibration	22
5.5.7	Freon 12 – Peak Height Calibration	23
5.5.8	SF_6 – Peak Area Calibration (10 µl injection)	24
5.5.9	SF_6 – Peak Area Calibration (different volumes injected)	25

1. INTRODUCTION

1.1 PURPOSE AND OBJECTIVES

The objective of the tests described in this document is to determine the routes by which, and the extent to which, pollutants migrate from a specific location to other areas of a building.

A pollution migration investigation is carried out when it is suspected or it has been established that a particular pollutant is present at high enough concentration to pose problems, and the probable location of the pollution source has been identified. The routes followed by the pollutant, and the speeds at which it travels are investigated using tracer gases to mimic its movement. This document lists suitable tracer gases and describes one gas monitoring method fully.

1.2 BACKGROUND INFORMATION

Pollution migration is investigated using a tracer gas to copy the movement of a pollutant through the building. Tracer gas techniques have been used in different ways to study different types of air movement. These include air leakage through building enclosures (infiltration or exfiltration), mechanical system efficiency (minimum and maximum fresh air rates, and localized air change rates) as well as pollution migration. Some of these applications are described in other Class D documents listed in Appendix 5.8.

In a pollution migration test, a measured amount of tracer gas is released in the area where the pollutant of interest is known to be generated. The transfer of the tracer gas to areas of the building suspected to be receiving pollutant, is then monitored.

Many tracer gases have been used for this type of study. The choice of particular gas is usually based on its safety, its cost, and the availability of instruments sensitive enough to measure it in the quantities required for test purposes. The desirable characteristics for a tracer gas are that it be:

(a) measurable at very low concentrations;
(b) measurable by a technique that is free from interference by substances normally found in air;
(c) not a normal constituent of air and not generated by processes in the building to be studied;
(d) inert, non-polar and not absorbed on surfaces;
(e) non toxic and non allergenic;
(f) non-flammable and non-explosive.

In previous building studies, Building Performance Division has used propane and butane extensively as tracers. These meet most of the above criteria (including the last at the concentrations normally used for tracer gas work). However, there is a certain amount of hazard involved in their transportation and initial seeding. Also, there are now several other gases available which do not present this hazard and which are

detectable at even lower concentrations. Of these, the most commonly used is sulphur hexafluoride (SF_6). In cases where there are multiple sources of pollution to be investigated, it may be desirable to monitor them simultaneously by seeding a different tracer gas at each source. Other gases that can be used include octafluorocyclobutane (C_4F_8), hexafluoroethane (C_2F_6), and Halon 1301 ($CBrF_3$). Appendix 5.3 lists the tracer gases which have been identified as suitable for this type of testing along with their relevant properties.

Pollution migration evaluation is carried out when the existence of a pollution problem has been established or is suspected. This entails finding concentrations of a particular pollutant (such as carbon monoxide or toluene) which are close to or above standards, or which are causing occupant discomfort. It is also necessary to identify, using inspection of the plans and the building, likely sources of the pollutant (such as kitchens, loading docks, parking garages or equipment using volatile chemicals), and probable migration routes (such as elevator shafts, pipe shafts, open doors, leaking ducts or cracks in the structure). This information enables selection of suitable locations for seeding and monitoring the tracer(s).

The results obtained from tracer gas tests are often dependent on environmental conditions such as wind loading on the building, operation of the mechanical systems, the amount of time doors remain open, and frequency of use of elevators. It may be necessary to repeat the tests several times under different conditions to define the migration pattern fully.

2. TERMS OF REFERENCE

2.1 GENERAL FRAMEWORK

Pollution migration evaluation is an important part of an air chemistry investigation of a building. Air chemistry is one of the areas of study contributing to Total Building Performance Evaluation. Evaluations carried out by Building Performance include seven transdisciplinary quality thresholds. The techniques described in this document contribute to establishing the Air Quality threshold.

2.2 LIMITATIONS OF THE EVALUATION TECHNIQUE

Pollution migration evaluation does not include identification and measurement of the pollutant. The existence of a problem must be established by methods described in D01, Pollutant Evaluation.

In a pollution migration study, Stage I and II methods are used to identify possible pollution sources and migration routes. Stage III will provide both qualitative and quantitative data regarding the severity of the problem. The pollution migration investigation is often contingent on the results of Stage II and III Pollutant Evaluation measurements. At Stage III, the tracer gas technique can provide solid evidence for the existence of migration routes and information about rates of migration.

The tracer gas method described in this document utilizes a gas chromatograph to measure concentrations of tracer gases. The performance of such an instrument can be defined in terms of specificity, precision and accuracy. Specificity refers to the instrument's ability to differentiate among the various tracer gases used. Precision refers to repeatability, indicating the consistency of the results obtained from a series of measurements made on the same sample under the same conditions. Accuracy, on the other hand, indicates how closely the result provided by the instrument corresponds to the true value of the quantity being measured. Generally, specificity and precision are functions of technique and instrument design, while accuracy frequently depends on calibration (materials, and possibly method).

With proper calibration the portable chromatographs used for this type of test can determine tracer gas concentrations to within $\pm 5\%$, which is more than adequate for this test. Absolute concentrations are not as important as the difference between the tracer concentration at the suspected target site and the concentrations at surrounding control sites.

3. METHODOLOGY

3.1 STAGE I – PRELIMINARY ASSESSMENT

3.1.1 Description of Techniques

A preliminary assessment incorporates a plan/archive review, a walkthrough of the building, solicitation of occupant responses, and building management interviews. It provides a general feel for the building's characteristics and its history of performance.

The plan and archive review involves a study of building floor plans, mechanical drawings, details of renovations, and records of complaints.

The walkthrough provides a logical appraisal of a building's HVAC systems, and effectively targets more detailed investigative methods. It may be conducted as part of a more broad–based walkthrough assessment of a building's total performance. The walkthrough depends on observation of environmental parameters, building use, and material and system performance. Limited measurements can be made to obtain additional information.

A questionnaire survey may be used to elicit the occupants' perception of problems relating to types of odours and their frequency of occurrence.

3.1.2 Equipment

Items such as a notebook, tape recorder and camera are needed for recording observations. Smoke pencils may be used in the walkthrough to provide an assessment of air circulation and possible routes of pollution migration within the building.

3.1.3 Detailed Procedure

The review of floor plans and mechanical drawings may reveal likely routes for pollution migration from suspected source areas to suspected target areas.

Items which should be noted include:

- potential pollution sources such as loading docks, parking garages, kitchens, printing shops, unventilated basement areas, chemical or biological laboratories;
- the proximity of fresh air intakes to exhaust vents;
- migration routes from the pollution sources to other areas of the building. Examples of such routes include elevator shafts, pipe shafts, stairwells, doors and ceiling plenums.

The Walkthrough Analysis consists of two parts:

a. interviews with the building manager and engineer to obtain information about building use and operation (including a review of the operator's log); and
b. a walkthrough of all areas observing items relevant to pollutant sources and air chemistry.

Usually the walkthrough also involves some informal interviews with occupants to clarify observations. The two parts may be combined by doing the walkthrough accompanied by the building manager or engineer. Areas identified as potential pollution sources or migration routes are inspected.

Typical sources include:

- poorly maintained mechanical ventilation system components, (humidifiers, cooling coils, blocked drains, filters and ducts);
- loading docks;
- stored chemicals or cleaning materials;
- equipment using volatile chemicals;
- tenant–installed fixtures such as untreated particleboard shelves;
- furnishings.

Potential migration routes include:

- cracks in the building structure;
- leaks in ducts or shafts;
- doors frequently left open;
- elevator shafts;
- stairwells and hallways under negative pressure.

Locations to which pollutants have migrated may be identified by odours present at the destinations. For example, carbon monoxide may be accompanied by a smell of automobile exhaust, and many volatile chemicals have characteristic odours. Occupants near possible migration routes and destinations should be questioned.

3.1.4 Analysis and Assessment

The plan/archive review is normally conducted before the walkthrough. Its purpose is to become acquainted with the building and to locate any pollution sources and potential migration routes. The walkthrough serves to confirm or contradict the findings of the plan/archive analysis and locate additional sources and migration routes.

At the end of the walkthrough, the observers summarize their perceptions in writing. They prepare descriptions of individual areas as well as of the building in general. In addition, comparisons are made with the material from the plan/archive assessments and with information from the building operators.

At this stage the records of observations are assembled and scrutinized. Discussions take place with team members to confirm the identification of sources, the destinations of pollutants and their possible migration routes.

If a questionnaire is used, the functional science group evaluates the test results and provides the environmental science group with rating percentages by workgroup, by mechanical system zone, and by elevation, as well as a list of environmental concerns ranked in order of perceived importance. The pollution migration specialist studies the results, refines them, and compares them with results of plan/archive review and walkthrough if any are available. The results of the study may also be compared to results for similar buildings.

The documentation necessary for the questionnaire evaluation is included in D23–Questionnaires.

3.1.5 Resource Allocation and Timing

With all recorded material available for the plan/archive analysis, a two–person team is able to conduct the review in one working day.

The walkthrough takes two people about one day in a building of 10,000 m². The subsequent report takes two days to write. Discussions, interviews, call–backs and research into existing materials may take one half day of the two.

The resources required for occupancy and use analysis are included in documents D20 to D24.

3.1.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

All records of observations and written notes should be retained in the project files. The results of the preliminary assessment are normally presented in a project memo.

3.2 STAGE II – SIMPLE MEASUREMENT TECHNIQUES

3.2.1 Description of Techniques

The simple measurement technique involves the use of smoke pencils (air current testers) to observe the type and extent of air flows emanating from pollution sources. The technique can be used to observe local air movement at specific pollution sources and on a large scale, to observe air movement patterns throughout the building. Each of the possible pollution sources identified in Stage I are tested individually.

3.2.2 Equipment

Testing requires smoke pencils, floor plans and elevations. The quantities depend on the number of pollution sources, the size of the building and number of people involved in the test.

Smoke Pencils

One manufacturer calls these air current testers. Building Performance uses the Drager or Gastec air current tube kits.

Floor Plans

For convenience, the plans and elevations should be reduced to standard letter size sheets, with major physical boundaries illustrated, with a grid system (preferably the standardized column numbering system for the building). These are easily carried on a clipboard during testing.

3.2.3 Detailed Procedure

Conduct this procedure during working hours with normal occupancies and with the HVAC system in a standard operational mode. Although occupancies and heating and cooling loads can and will vary during the year, conduct the tests when conditions are normal for the time of year.

First study the drawings, pollution sources and results of previous investigations and prepare a list of test sites. Particular attention should be paid to areas with known operating abnormalities, such as operating pressures lower or higher than other systems in the building.

For individual pollution sources use the following procedure:

1. Prepare a sketch of the area being tested, indicating the positions of the air supply diffusers, return air ducts, doors and hallways.
2. Release a puff of smoke near the source.
3. On the sketch, mark the air pattern followed by the smoke.
4. Release subsequent puffs of smoke at the location where the smoke has dispersed and is not readily visible. Each time note the airflow pattern and mark it on the sketch. Emit smoke at various levels from floor to ceiling to confirm the airflow patterns.
5. For areas with doors it is necessary to conduct two tests; one with the doors closed and again with the doors open.
6. Large scale airflow patterns can be determined by releasing the smoke and noting the direction of flow. Move approximately three metres in the direction of flow and release additional smoke. If the direction of flow differs, move back closer to the original location to find the point of change.
7. At doorways and openings release a line of smoke from floor to ceiling. Note any differences in airflow direction and the approximate height at which the separation occurs.

Sketch the observed air flows on the floor plans, adding exterior weather condition information such as the wind strength and direction and note the mechanical system operating conditions. Where conditions warrant, elevations or profiles of the space may be required to clarify more complex patterns. Record times and dates of testing along with the technician's name. Document D09, Air Circulation Evaluation includes descriptions and examples of similar methods.

PRECAUTIONS:

1. Do not inhale the smoke.
2. When releasing the smoke, take care that the air pattern is not affected by body placement or movement, or by the angle of the pencil itself.
3. Upon completion of testing, neutralize the air current tubes according to the manufacturers instructions before discarding them.

3.2.4 Analysis and Assessment

For each possible pollution source, sketches must be produced indicating both local and large scale airflow patterns. The sketches must be accompanied by a written description of building and HVAC operating conditions at the time of the test along with weather conditions.

It is necessary to assess the airflow patterns observed for each pollution source with respect to the observations and complaints of pollutants in Stage I. This should allow the investigator to confirm or rule out various pollution sources and their associate migration routes as the cause of particular problems.

The results must address the following parameters, even though they may not all be factors in any given building:

1. General airflow patterns in the source area and explanations of mechanisms that caused the patterns.
2. Exceptions to the general flow patterns and discussion of reasons.
3. Comparison of patterns with open doors versus closed doors.
4. Discussion of observed versus expected patterns.
5. Discussion of the effects on airflow patterns for any discrepancy between the mechanical system's designed and actual operating condition.
6. The operating schedule and degree of use of loading dock doors, entrances and exits, equipment delivery and removal doors; the degree to which floor–to–floor exchanges are permitted by elevators; and the effects of all these factors on flow patterns.
7. Discussion of the effect of strength and direction of wind on airflow patterns.

Along with the findings, floor plans (preferably $8^1/_2$ in x 11 in) must be included with clear and concise sketches of the flow patterns. Elevations to delineate complex migration routes across the space must also be produced.

3.2.5 Resource Allocation and Timing

This type of evaluation on a building of 10,000 m^2 with two pollution sources can be conducted by one person in one working day. The migration routes can be sketched and notes written in another half working day. The total time involved, including evaluating the results of other studies, should not exceed 1 person–week.

3.2.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

All annotated floor plans, sketches and written notes should be retained in the project files. The results of the assessment are normally presented in a project memo that includes schematic diagrams of the pollutant migration patterns.

3.3 STAGE III – SPECIALIZED IN–DEPTH MONITORING

3.3.1 Description of Techniques

A known amount of tracer is released at a location previously identified as a source of pollution. Subsequently the tracer concentration is monitored over time at points along the suspected migration route and at locations suspected of receiving pollution (target areas).

The method, known as the transfer index (TI) method, defines the transfer of air from one location to another.

$$TI = 1/Q_r \int C_t \, dt \qquad (1)$$

where Q_r is the amount of tracer released (m^3) and C_t is the measured concentration (v/v) at time t (minutes). The rate of air transfer Q (m^3/min) from the source to a specific measurement area is given by the reciprocal of the transfer index. Equation (1) reduces to:

$$Q = Q_r / (C_{avg} \times t) \qquad (2)$$

This method uses a single tracer gas to investigate a single pollution source. The procedure can be expanded to investigate multiple pollution sources simultaneously. This requires the simultaneous release of a unique tracer at each suspected pollution source. Sample sites are as previously indicated except each sample is analyzed for all tracers used in the test. In this way migration routes for several pollution sources are determined simultaneously under exactly the same conditions.

Sulphur hexafluoride is the tracer gas of choice. Alternative tracers for multiple tracer gas testing are presented in Appendix 5.3.

3.3.2 Equipment and Supplies

The equipment required is listed below.

TRACER GAS RELEASE

A system to release a known volume of tracer over a short period (e.g., 0.5 L/min for 5 minutes). This can be achieved in one of two ways:

a) a tracer filled gas bag connected to a calibrated portable pump: or
b) a gas cylinder fitted with a two stage regulator connected to a calibrated flow controller.

- stop watch,
- walkie–talkies
- bubble meter to calibrate flow meters accurately.

Sampling

- Air samples are collected in 10 ml evacuated glass tubes, silicone coated and stoppered with a butyl rubber septa. (These are commonly known as vacutainer serum tubes). One tube is required per sample.
- labels for each sample tube;
- one 20 ml B–D disposable polypropylene syringe with needle for each sample site.

Analysis

- gas chromatograph (GC) with election capture detector (ECD);
- Chromacil 310, 80/100 mesh, 10 ft. x 1/8 in. stainless steel chromatographic column;

- cylinder of 5% methane in argon for carrier gas with a two stage regulator;
- chart recorder or integrator to record GC output (chromatograms);
- gas tight syringes (50, 100, 500 µl) for sample injection;
- spare parts for GC should include injection port septa, GC columns, various Swagelok fittings and gas tight syringes;
- known tracer/air gas standards for calibration of GC. Alternatively a gas standard generator can be used to prepare known tracer concentrations.

3.3.3 Detailed Procedure

The environment conditions prevailing during testing should be noted including whether the mechanical systems are on or off, the wind speed and direction, and whether doors are open or closed. If information is needed on the effect of any of these parameters, the tests are repeated with the parameter of interest in various states.

GAS CHROMATOGRAPH CALIBRATION

The GC should be calibrated before and after each day's analytical work. This is performed by analyzing known concentrations of tracer gas in air and calculating the detector response factor. That is for a specific amount of tracer injected, the detector gives a certain peak height. Calibration of the AID Model 511 gas chromatograph is described in detail in Appendix 5.5. The calibration described provides a linear range of 5 to 500 ppb SF_6 using a 10 µl injection volume.

Calibration of the chromatograph can be performed using prepared gas standards in cylinders or by daily generation of gas standards using a gas standard generator and permeation tubes.

Gas standards are prepared using a standard generator as follows:

- A permeation device is placed in the oven of the standard generator. The oven is set to the temperature required to obtain the factory calibrated permeation rate as per the data supplied with the permeation device.
- The airflow through the standard generator is set to different flow rates to obtain various tracer/air concentrations. The following equation is used to calculate the gas standard concentration:

$$C_X = \frac{(P_X)(K_X)}{F}$$

where,

- C_X is the concentration of component x expressed in ppm,
- P_X is the total emission rate of component x from the tube(s) in ng/min.
- K_X is a unit conversion factor for component x which converts nanograms per minute to nanoliters per minute at operating conditions. Typically K_X = (24.45)/(mol. wt. of x) for operation at standard atmospheric pressure and 25°C.
- F is the dilution flow rate in milliliters per minute at 25°C and standard atmospheric pressure.

The air flow F is checked with a bubble flow meter.

TRACER GAS RELEASE

The tracer gas release system is located in the area suspected of being a source of pollution. As mentioned, a different tracer gas can be released in each area identified as a possible pollution source. The total amount of tracer to be released is based on the total volume of the building and the linear range of the gas chromatograph (determined by calibration). Appendix 5.6 provides an example of the calculation used to estimate the amount of tracer to release.

The release of tracer should be performed over a period of about 5 minutes. When multiple tracers are employed they should be released simultaneously. In all cases the time at which release is initiated should be recorded (t = 0).

SAMPLING

Sampling locations are dictated by the locations of suspected sources, migration routes and targets. Include control sites where pollutant/tracer gas should be absent. Sample once before the test starts, to establish the baseline. After release begins, collect air samples at prearranged times. Clearly label each sample with the sample number, time collected and sampling location. Sampling is normally carried out over several hours. Initially samples are collected every 15 minutes. Later, when the tracer concentration is varying more slowly, half-hour intervals may be used.

Before testing begins each sample site should be equipped with enough vacutainers (10cc) for the sampling period and a disposable B-D syringe (20cc) fitted with a needle.

The steps for sample collection are:

1. Flush the syringe twice by drawing the plunger from 0 to 20cc and then push the plunger back to 0. The plunger will have to be moved slowly to allow the air to be drawn into or forced out of the syringe.
2. To collect an air sample, slowly pull the plunger of the syringe to the 20cc mark. Wait until the plunger is no longer drawn back by the vacuum.
3. Insert the needle of the syringe into the rubber septum of the vacutainer. The plunger will be drawn by the vacuum to about the 10cc mark; failure to do so indicates a faulty vacutainer. After the plunger stops, push it slowly to the 0 mark and hold it there for approximately fifteen seconds.
4. The sample is clearly labelled and set aside for analysis.

SAMPLE ANALYSIS

Air samples are analyzed for tracer gas content using the gas chromatograph. An example of a chromatogram output from a gas chromatograph is shown in Figure 3.3.1. Analysis can be performed either on site, i.e., in the test building, or samples may be carefully packed and sent by surface mail to a central laboratory. It is recommended that the GC not be set-up in the release areas.

```
LIST: LIST
PEAK CAPACITY: 1157

ZERO      =  10, 0.0
ATT 2↑    =  0
CHT SP    =  1.0
PK WD     =  0.04
THRSH     =  0
AR REJ    =  0
```

```
RUN # 345                    APR/25/88          12:57:52

ESTD
  RT          AREA TYPE CAL#                   AMOUNT
 0.60         5454   BB   1R                   62.105

TOTAL AREA=       5454
MUL FACTOR=  1.0000E+00
```

Figure 3.3.1: Example of a Chromatogram

Air samples are analyzed in exactly the same manner and under the same operating conditions as the calibration standards. The concentration of tracer in a sample is calculated using the following equation:

$$\text{Sample Concentration} = \frac{\text{Standard Concentration}}{\text{Standard Peak Height}} \times \text{Sample Peak Height}$$

This calculation assumes that the same injection volume of sample and standard is used.

For each sample site a plot of tracer concentration versus time is made. The area under the curve is obtained by averaging the tracer concentration and multiplying by the sampling period in minutes (C_{avg} x time). The rate of air transfer (Q) from the source to the sample site is then calculated from the equation:

$$Q(m^3/min) = Q_r\,(m^3)/C_{avg} \times t\ (min)$$

This calculation is performed for each sample site.

Test Design Considerations

In any evaluation of HVAC system performance it is necessary to consider individual system components as well as their combined effects. As each HVAC system is unique, test design and evaluation must be site specific.

In the calculations shown in Appendix 5.6 it is assumed you are testing for migration patterns throughout the whole structure. However, if investigating a specific area the release volume should be calculated using the volume of the area under consideration.

If, on the other hand, testing does not indicate pollutant migration, yet it is highly suspected, testing should be repeated with a larger release volume. This may be necessary due to low rate of transfer from the source to the target area. When the release rate is accurately known it is not necessary to sample the release site. In fact concentrations would be too high for GC analysis. Due to the sensitivity of the GC it is recommended that it be kept separate from the release gases and the release sites.

3.3.4 Analysis and Assessment

Primary analysis of the data is to determine whether any tracer is detected at any of the sample (target) sites. The appearance of tracer at a sample site indicates that air (or pollutant) is migrating from the release site to the sample site.

Determine the time required for air to migrate to the sample site by plotting concentration versus time for each sample site (where the time of release is $t = 0$). The overall routes of migration may be deduced by examining an overlay of the concentration/time plots for each site. In general the route of migration is most likely to progress from sites with earlier arrival times of tracer to those with later arrival times.

Quantitatively, an estimate of the rate of transfer of air Q(m^3/min) from the release site to the sample site can be made. This value can be used to assess the relative severity of pollution migration from each source to each target area.

As an example consider an office building with an underground parking garage. Car exhaust odours have been detected on the upper floors. Possible routes of migration include the stairwells, elevator shafts and entrainment of garage exhaust into the outdoor air supply.

Tracer is released in the garage and sampling is conducted at points A, B, C and R as shown in Figure 3.3.2

- A – in stairwell on a problem floor,
- B – next to elevator shaft on a problem floor,
- C – in the outdoor air intake that supplies the problem floor,
- R – in the parking garage

Samples are collected and analyzed. A concentration versus time plot is made for each site as shown in Figure 3.3.3.

Examination of the concentration versus time plots, and the results of the preliminary assessment leads to the following conclusions.

1. Tracer (car exhaust) is removed slowly from the parking garage.

2. Tracer makes its way to the occupied floor space primarily by the stairwell. A secondary source is migration up the elevator shaft. This is indicated by a higher tracer concentration at an earlier time in curve A. The maximum for curve B occurs later.

3. Curve C shows no tracer in the outdoor air supply. This rules out entrainment of garage exhaust in the outdoor air supply.

Remedial action might involve:

- verification of garage exhaust fan operation,
- ensuring all stairwell doors are kept closed,
- ensuring an adequate air supply to the floors to maintain a positive pressure with respect to the parking garage.

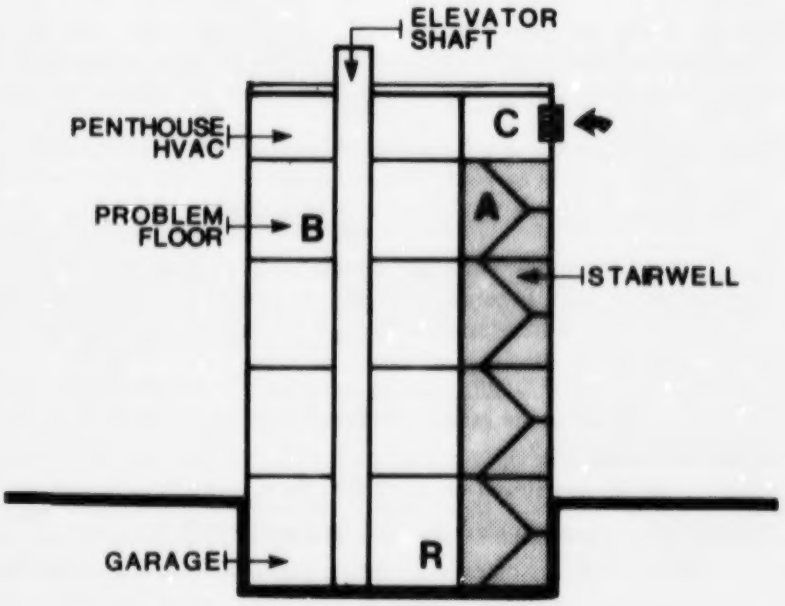


Figure 3.3.2: Release and Sample Sites

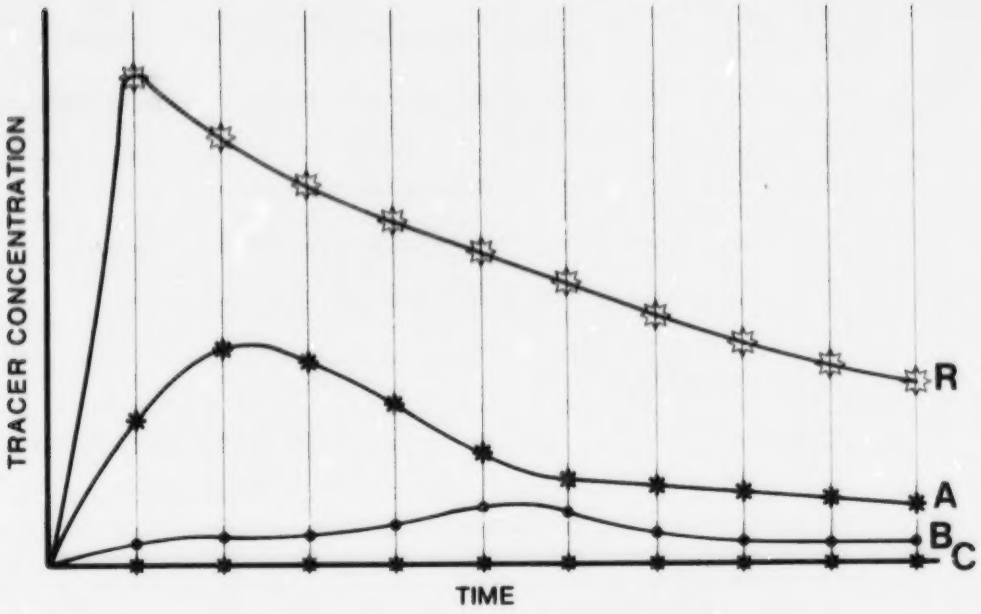


Figure 3.3.3: Concentration versus Time Plots

3.3.5 Resource Allocation and Timing

Two working days should be allowed prior to a field trip for obtaining, verifying, testing and packing all required equipment. The GC should be set up the night before a test to allow it to stabilize overnight. Calibration takes about two hours.

Ten samples are collected at each target site over a period of four hours following release. The number of target sites is test specific but 10 locations would be a fair estimate.

The number of people required depends on the number of release points and the number of collection points. For a single tracer, single release site, two people are sufficient. For multiple release sites one person is required for each site to allow simultaneous release. A full day should be allowed for the performance of a test.

Sample analysis and recording of the chromatogram requires about four minutes per sample.

Analysis of the data takes a full working day, and preparation of the report about four working days.

3.3.6 Documentation: Creation and Retention of Working Papers

Release and sampling information is listed on data sheets as shown in Appendix 5.7. These data sheets and all working papers associated with the analysis are retained in the project files.

4. REFERENCES

Focused Interviews, D22, Building Performance Evaluation Series, Public Works Canada, March, 1988.

Operating Manual, AID Model 511 Portable Gas Chromatograph, Analytical Instruments Developments, Ltd.

Operating Manual, 3390 Recording Integrator, Hewlett Packard Ltd.

Operating Manual, Dynacalibrator Model 340, Vici Metronics Ltd.

Operating Manual, SC 100 Permeation Oven, CEA Instruments.

Pollutant Evaluation, D01, Building Performance Evaluation Series, Public Works Canada, March, 1988.

Questionnaires, D23, Building Performance Evaluating Series, Public Works Canada, March, 1988.

Tamura G. and Evans, R., **Evaluation of Evacuated Glass Tubes For Sampling of SF_6/Air Mixture For Air Exchange Measurement**, ASHRAE Journal, October, 1983.

Total Building Performance Study of the Harry Hays Building, Calgary. Architectural and Building Sciences, Public Works Canada, 1984.

Total Building Performance Study of the Winnipeg Taxation Data Centre. Architectural and Building Sciences, Public Works Canada, 1984.

5. APPENDICES

5.1 STANDARD TERMS AND UNITS OF MEASUREMENT

Clean ambient air is composed almost entirely of nitrogen (78.1%), oxygen (20.9%) and argon (0.9%), with all other gases adding up the less than 0.1%. The unit of measurement used for the other gases is the part per billion (ppb). A pollutant (or tracer gas) concentration of 10 ppb indicates that 10 out of every billion (10^9) molecules present in the air are pollutant (or tracer gas). 10,000,000 ppb is equivalent to a concentration of 1% by volume.

5.2 GOVERNING AUTHORITIES AND REGULATIONS

There are no standards relating directly to pollution migration, however, the National Building Code of Canada has requirements for the venting of washroom, garage and laboratory air to the exterior.

If a strong pollution source exists near or within a building, and migration of the pollutant to or through the interior occurs causing high indoor concentrations, then the indoor standards appropriate to that pollutant apply. Details of the governing authorities and standards for important indoor pollutants can be found in D01: Pollutant Evaluation.

During tracer gas testing the maximum allowable initial concentration of the tracer gas must not exceed the threshold limit value (TLV) set for that gas by the Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

5.3 TRACER GASES AND THEIR PROPERTIES

TRACER GAS	CHEMICAL SYMBOL	GRAM MOLECULAR WEIGHT	THRESHOLD LIMIT VALUE (ppm)	ESTIMATED MINIMUM DETECTABLE (ppm)	DENSITY (ng/ml @ 20°C & 101.3 Pa)
Sulphur Hexafluoride	SF_6	146	1000	0.0001	0.61
Octafluorocyclo Butane (Freon C-318)	C_4F_8	200	-	0.05	0.93
Hexafluorethane (Freon 116)	C_2F_6	138	-	0.05	0.57
Dichloro Difluoro Methane (Freon 12)	CCl_2F_2	120.9	1000	0.05	0.50
Bromochloro Difluoro Methane (Halon 1211)	$CBrClF_2$	165.4	(1)	0.05	0.69
Bromotrifluoro Methane (Halon 1301)	$CBrF_3$	149	(1)	0.05	0.62

(1) Appropriate lethal concentration (ALC) is greater than 300,000 ppm

5.4 SOURCES OF MATERIALS AND EQUIPMENT

Analytical Instruments Developments (AID) Model 511 portable gas chromatograph with electron capture detector	– Levitt–Safety Ltd.
Chromacil 310 chromatographic column 80/100 mesh, 10' x 1/8"	– Chromatographic Specialities Ltd. Brockville, Ontario K6V 5W1
Argon/Methane carrier gas	– Matheson Gas Products
HP 3390 Integrator	– Hewlett Packard Ltd.
Linear 142 chart recorder	– Allied–Fisher Scientific
Calibration Gases	– Matheson Gas Products
Gas Standard Generator	– Applied Research Products (Dynacalibrator)
Permeation Oven	– Aquatronix Inc. (SC 100)
B–D disposable syringes	– Canlab
Vacutainers	– Canlab

5.5 AID MODEL 511 GAS CHROMATOGRAPH START–UP AND CALIBRATION

The following is a brief description of the set–up and calibration of the AID Model 511 gas chromatograph with a Hewlett–Packard 3390 electronic integrator.

5.5.1 Gas Chromatograph Set–up

- To perform the following test use a Chromacil 310, 8' x 1/8" diameter stainless steel column.
- Connect GC to the battery charger pack (charger pack and GC set to "OFF").
- Install carrier gas line to "Carrier Port" on the top of the GC.The carrier gas is 5% methane in argon.
- Set pressure regular on the cylinder (using a two stage regulator) to deliver 80 psi. GC internal pressure regulator should indicate greater than 60 psi.
- Turn carrier flow knob on top of GC until a pressure of approximately 30 psi (±1psi) is obtained. This head pressure should give approximately 37 cc/min. Column flow can be verified with a bubble meter connected to the detector outlet.
- Turn battery charge pack and GC to "ON" position.
- Connect integrator to the GC.
- Let the system equilibrate, preferably overnight.

5.5.2 Detector Signal Verification

Baseline Signal Monitoring

The purpose of this verification is to obtain information on the instrument's installation condition such as purity of carrier gas, leaks in the system, column bleeding, and electronic noise.

Monitor the baseline signal from the detector cell by setting the integrator parameters, the electrometer range and the attenuator as indicated in Figure 5.5.1. Figure 5.5.2 shows the cell baseline signal.

```
LIST:  LIST
PEAK CAPACITY:  1157

ZERO      =  10, 0.5
ATT 2↑    =  0
CHT SP    =  1.0
PK WD     =  0.04
THRSH     =  0
AR REJ    =  0
```

Figure 5.5.1 Integrator parameters (Plot mode). (Electrometer range: 1, attenuator: 64)

Figure 5.5.2 Example of detector cell output

Standing Current Test

After the system is equilibrated a standing current test will show the cleanliness of the detector cell.

Follow procedures described on pages 6–10 in the AID Model 511 instruction manual. Set detector setting at range 102, attenuator at 64 and the integrator as in Figure 5.5.1.

The deflection of the signal from baseline gives the standing current of the detector in % full scale. Loss of standing current indicates a loss in sensitivity. A standing current of less than 10% full scale requires maintenance of the detector (see manual).

A standing current of approximately 80%, Figure 5.5.3, indicates a clean system with excellent response.

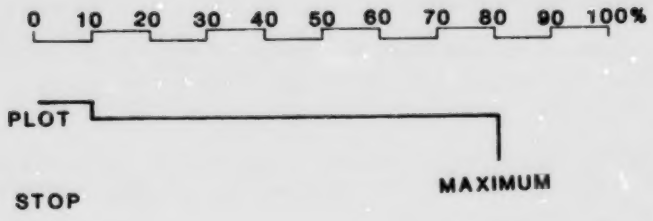


Figure 5.5.3 Standing current test.

5.5.3 **Calibration**

To perform calibration of the instrument set the integrator parameters as in Figure 5.5.4.

```
ZERO      =  10, 0.5
ATT 2↑    =  0
CHT SP    =  1.0
PK WD     =  0.04
THRSH     =  0
AR REJ    =  0
```

Figure 5.5.4 Integrator parameters.

Except for the "Zero" setting all other parameters are default values which are automatically set when the integrator is turned on. The GC electrometer range is set at 1 and the attenuator at 256. These parameters provide the maximum information from the detector signal. Detailed information on the operation of the Hewlett Packard 3390 integrator is described in the **Quick Reference Guide** or in the more detailed **Operation–Reporting Integrator Manual**.

It is important to understand that the calibration technique will be determined by the sample introduction method (injection) used for analysis (syringe or gas sampling valve). The same technique of injection should be used for both calibration and sample analysis.

For the determination of the tracer response factor, the analyst can use either peak area or peak height measurement. As in Figures 5.5.5 and 5.5.6, a linear response is obtained using either mode.

Calibration with Syringe. (For sulfur hexafluoride or Freon 12)

Injections of different concentration standards can be used to determine the linear range of the ECD (electron capture detector). If a wide linear range is needed an injection volume of 10 µl is recommended. Examples of this calibration technique are given in the following figures: 5.5.5 (SF_6 – peak area calibration); 5.5.6 (SF_6 – peak height calibration); and 5.5.7 (Freon 12 – peak height calibration). Figure 5.5.8 (SF_6 – peak area calibration) indicates that the top end of the linear range for SF_6 is at approximately 750 ppb for a 10 µl injection.

Another syringe technique to determine the linearity of the system is to use the same standard but vary the volume injected. An example of this calibration is given in Figure 5.5.9 (SF_6 – peak area calibration). This figure was generated by injecting various volumes of 57 ppb SF_6.

Calibration with Gas Sampling Valve (GSV)

Due to the large dead volume of the GSV (approximately 85 µl), the instrument calibration range was limited to concentrations of less than 150 ppb SF_6. A problem associated with the GSV is the pressure surge created when the sample is introduced into the system. This upset of the baseline in the sulfur hexafluoride elution peak area may cause problems with the proper integration of the peak at very low concentrations.

```
***Linear Regression***

Slope                =    133.1365
Correlation          =       .9999954
Ordinate             =   -121.26892
Abscissa             =       .9109
Inverse of slope     =       .00751109

-------------------------------------------------------------

X 1  =   0                    Y 1  =   0
X 2  =   57                   Y 2  =   7333
X 3  =   579                  Y 3  =   76978
```

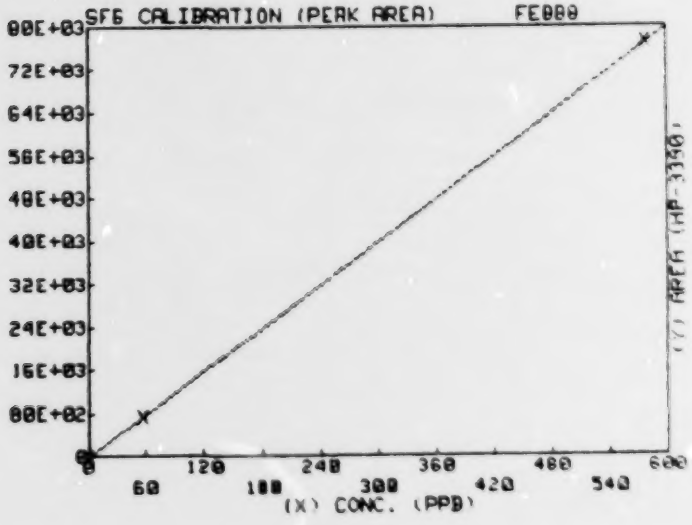


Figure 5.5.5 SF_6 – peak area calibration (10 µl injection).

Linear Regression

Slope	=	60.0613
Correlation	=	.9999778
Ordinate	=	120.664
Abscissa	=	-2.00901
Inverse of slope	=	.0166496

X 1	=	0	Y 1	=	0
X 2	=	57	Y 2	=	3678
X 3	=	579	Y 3	=	34883

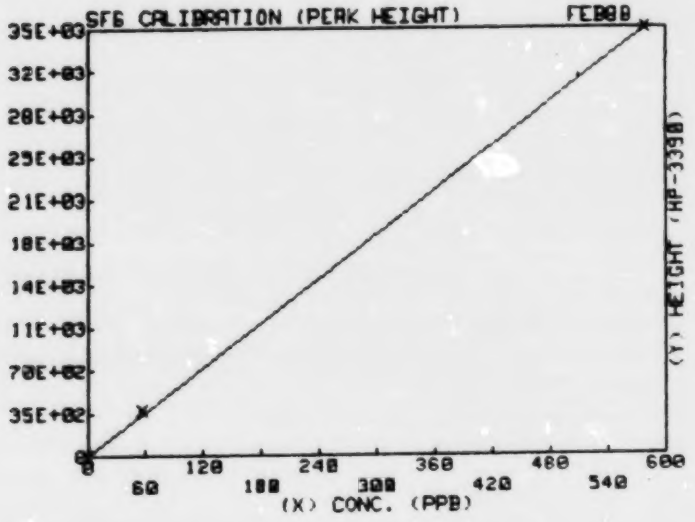


Figure 5.5.6 SF_6 – peak height calibration (10 µl injection).

```
***Linear Regression***

Slope                =    347.8105
Correlation          =      .9997369
Ordinate             =    -3.14418
Abscissa             =      .00904
Inverse of slope     =      .00287513
```

X 1	=	0	Y 1	=	0
X 2	=	2.15	Y 2	=	713
X 3	=	4.6	Y 3	=	1639
X 4	=	9.2	Y 4	=	3183

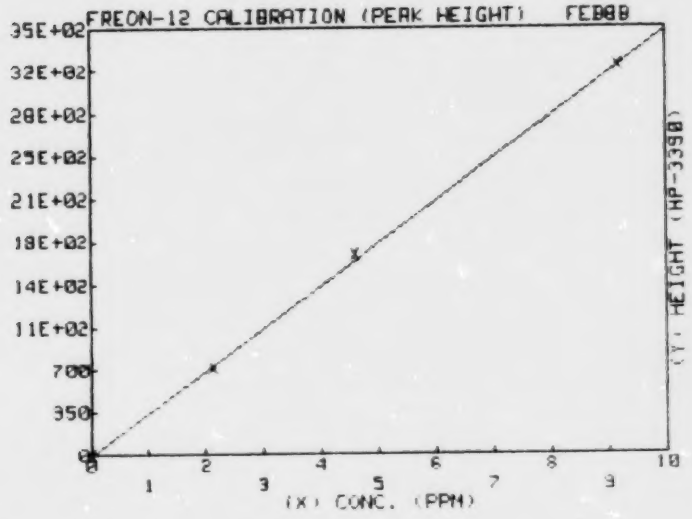


Figure 5.5.7 Freon 12 – peak height calibration (10 µl injection).

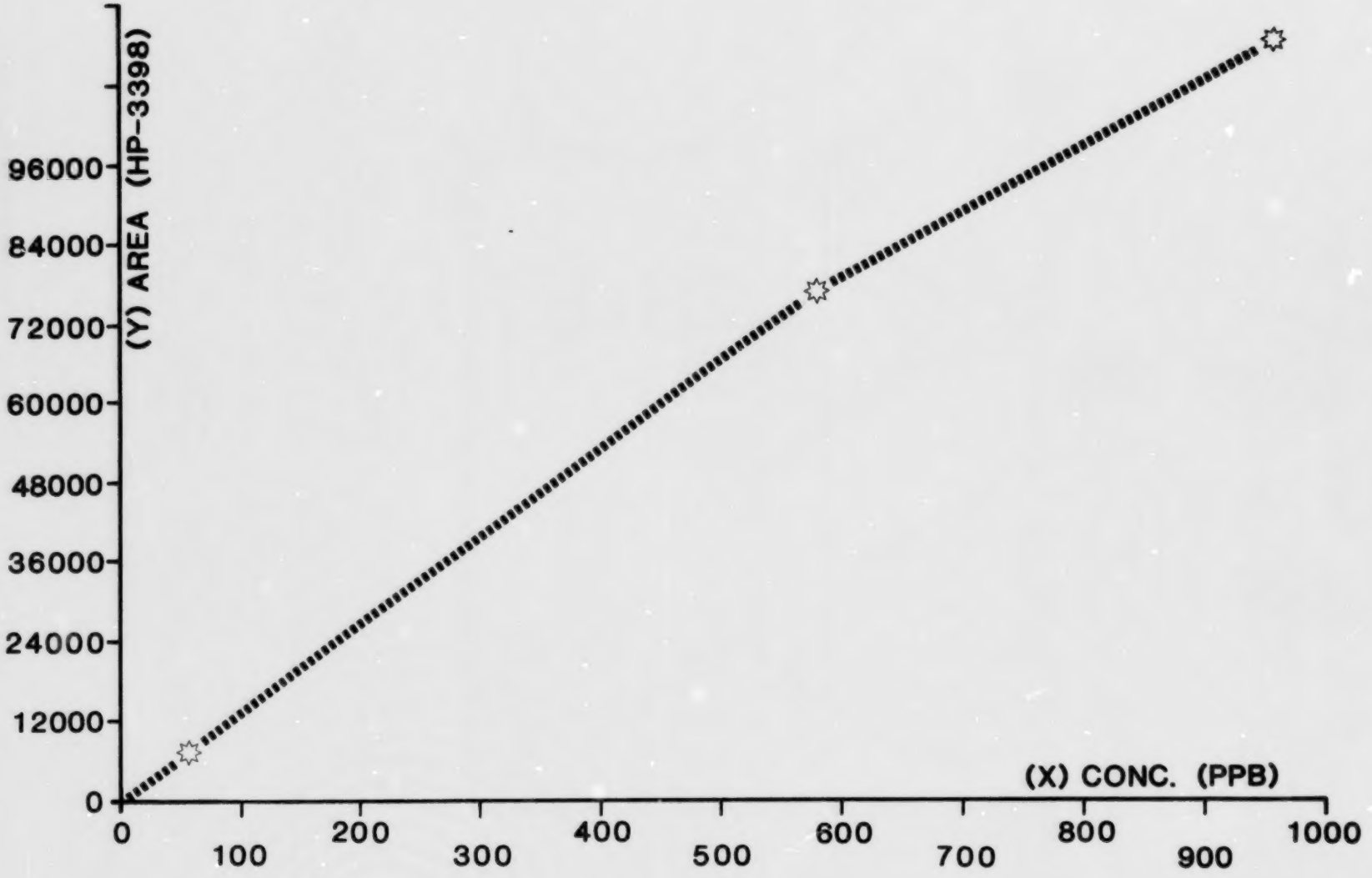


Figure 5.5.8 SF_6 – peak area calibration (10 µl injection).

Linear Regression

Slope	=	724.5698
Correlation	=	.9995004
Ordinate	=	844.4397
Abscissa	=	-1.16544
Inverse of slope	=	.00138013

X 1	=	0	Y 1	=	0
X 2	=	5	Y 2	=	3765
X 3	=	10	Y 3	=	7930
X 4	=	20	Y 4	=	16558
X 5	=	40	Y 5	=	30349
X 6	=	60	Y 6	=	44988
X 7	=	80	Y 7	=	59296
X 8	=	100	Y 8	=	72109

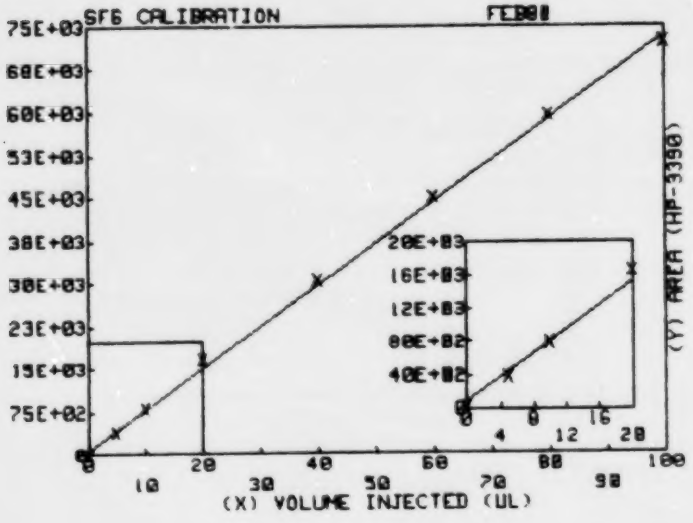


Figure 5.5.9 SF_6 – peak area calibration (different volumes injected).

5.6 ESTIMATION OF DESIRABLE RELEASE RATES

Procedure

1. Calculate the approximate total volume of air in the building (V).

2. Assume that tracer gas will spread evenly throughout the entire building.

   Determine the linear range of the tracer gas(es) to be used. Use a target concentration (C_{eq}) equal to 1/4 of the maximum detectable by the linear range.

3. Calculate the volume of tracer to release (Q_r).

$$Q_r = C_{eq} \times V$$

4. Calculate the release rate (G) for a five minute release.

$$G = Q_r / t$$

Sample Calculation – for Sulphur Hexafluoride

1. Calculate the approximate total volume of air in the building.

Gross floor area of building (A)	18,000 m^2
80% of A to allow for interior walls and furnishings	14,400 m^2
Slab to slab height (h)	3.5 m
The approximate volume of building (V)	
A x h	50,400 m^3

2. Linear range of GC for sulfur hexafluoride is 5–400 ppb.
   Target concentration is 1/4 of maximum.

$$C_{eq} = 0.25 \times 400 = 100 \text{ ppb.}$$

3. Calculate the volume of tracer to release.

$$\begin{aligned} Q_r &= 100 \times 10^{-9} \times 50{,}400 \text{ m}^3 \\ &= 0.005 \text{ m}^3 \\ &= 5.04 \text{ L} \end{aligned}$$

4. Calculate the release rate for a 5 minute release.

$$\begin{aligned} G &= 5.04 \text{ L}/5 \text{ min} \\ &= 1.008 \text{ L/min} \end{aligned}$$

5.7 POLLUTION MIGRATION DATA SHEETS

TRACER GAS RELEASE RECORDS

Test Type: Tracer Gas

Building: _____

Date: _____

Test Series No: _____

Test Conditions: _____

Location	Tracer Gas	Release Rate (L/min)	Amount Released (L)	Start Time

TRACER GAS SAMPLE RECORDS

Test Type: Tracer Gas

Building: _____

Date: _____

Test Series No: _____

Test Conditions: _____

_____

_____

_____

☐ Source ☐ Target ☐ Route ☐ Control

Sample No.	Time Taken	Tracer Gas	GC Peak Ht.	Response Factor	Conc. (ppb)

5.8 BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST

Documents in this series have been divided into four classes. Class A documents describe the use of documents in the other three classes. Class B is a catalogue of tests which includes an index and cross reference list. Class C documents provide an overview of the three performance areas and summarize the Class D documents in the respective area. Class D documents contain descriptions of performance attributes and detail means of assessing those attributes.

	A1	Project Manager's Guide
	A2	Property Manager's Guide
	B1	Catalogue of Tests
Overviews	C1	Environmental and Energy Performance
	C2	Functional Performance
	C3	Systems and Material Performance
Environmental and Energy Performance	D01	Pollutant Evaluation
	D02	Pollution Migration
	D03	Thermal Environment Evaluation
	D04	Global Evaluation: Energy Performance
	D05	Component Evaluation: Energy Performance
	D06	Equipment and Systems Evaluation: Energy Performance
	D07	Retrofit Evaluation: Energy Performance
	D08	Acoustic Environment Evaluation
	D09	Air Circulation Evaluation
	D10	Illumination Evaluation
	D11	Weather Data Collection
Functional Performance	D20	Record and Archive Analysis
	D21	Plan Annotation
	D22	Focused Interviews
	D23	Questionnaires
	D24	Observation
Systems and Material Performance	D30	Structural Walls and Columns: Condition Survey
	D31	Structural Slabs and Roofs: Condition Survey
	D32	Parking Garages: Condition Survey
	D33	Mechanical Systems Evaluation
	D34	Mechanical Controls Evaluation
	D35	Electrical Systems Evaluation
	D36	Airtightness and Pressure Monitoring
	D37	Measurement of Outdoor Air Supply Rate
	D38	Thermographic Inspections of Building Enclosures
	D39	Thermal Resistance Measurement
	D40	Moisture Content Inspections
	D41	Roofing Systems Evaluation

Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Migration de la pollution

Document D02

Canada

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Migration de la pollution

Document D02

SAG 1-4:86-19

mars 1988

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation ni n'endosse sous quelque forme que ce soit, exprimée ou tacite, cette publication ou les programmes ou l'information qu'elle contient quant à leur qualité, leur commercialisabilité, leur pertinence pour une fin particulière ou leur capacité à produire un résultat quelconque. En aucun cas, le Ministre ou Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, ses employés, fonctionnaires ou agents gouvernementaux ne peuvent être tenus légalement responsables à l'égard de quiconque pour tout préjudice direct, indirect ou découlant de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information qui y sont contenus.

Publiés par les Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada / Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document MIGRATION DES POLLUANTS	2. Numéro de contrôle AES/SAG 1-4:86-19
	3. Date mars 1988
4. Auteur(s) T.A. McKenna	5. No de réf. du conseil
6. Chargé de projet	7. No de la collection technique D02
8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur Division du rendement des immeubles, T.P.C. Local C-548, Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Téléphone: (613) 998-7830	9. Type de document Lignes directrices
	10. Nombre de pages 32
11. Nom et adresse de l'organisme promoteur Technologie du design, de la construction et de l'immobilier Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale Logement	12. No de dossier de TPC A4270-16
	13. No de projet de TPC 602055
14. Notes Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.	15. No de publication de ASC
	16. ISBN

17. Résumé

La migration des contaminants et des odeurs nuit à la qualité de l'air du milieu de travail. Afin d'évaluer et de limiter la migration des polluants, il est nécessaire de comprendre les voies et l'importance de la migration des polluants de leur source aux autres parties du bâtiment.

Un essai de migration des polluants est effectué quand on note un polluant ou une odeur dont l'intensité est suffisante pour poser des problèmes, et quand la source probable du polluant est connue. Le présent document décrit les trois étapes des essais pour l'étude de la migration du polluant, soit une évaluation préliminaire, des techniques de mesure simples et des essais détaillés effectués selon la technique du gaz traceur. Les résultats des essais peuvent être utilisés pour mettre sur pied des mesures améliorées de limitation des sources et afin d'éliminer les voies de migration.

18. Diffusion Exemplaires disponibles: Centre de documentation Services d'architecture et de génie Travaux publics Canada Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Mots clés	
	20. No de catalogue du centre de documentation BP D02b	21. Prix

TABLE DES MATIÈRES

1.	**INTRODUCTION**	1
1.1	Buts et objectifs	1
1.2	Informations générales	
2.	**DÉLIMITATION DU SUJET**	3
2.1	Cadre général	3
2.2	Limites de la technique d'évaluation	3
3.	**MÉTHODOLOGIE**	4
3.1	Étape I – Évaluation préliminaire	4
3.1.1	Description des techniques	4
3.1.2	Équipement	4
3.1.3	Démarche détaillée	4
3.1.4	Analyse et évaluation	5
3.1.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	6
3.1.6	Documentation : établissement et classement des documents de travail	6
3.2	Étape II – Techniques de mesure simples	6
3.2.1	Description des techniques	6
3.2.2	Équipement	6
3.2.3	Démarche détaillée	7
3.2.4	Analyse et évaluation	8
3.2.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	8
3.2.6	Documentation : établissement et classement des documents de travail	9
3.3	Étape III – Monitorage détaillé et spécialisé	9
3.3.1	Description des techniques	9
3.3.2	Équipement	9
3.3.3	Démarche détaillée	10
3.3.4	Analyse et évaluation	14
3.3.5	Moment de l'évaluation et ressources à prévoir	17
3.3.6	Documentation : établissement et classement des documents de travail	17
4.	**RÉFÉRENCES**	18
5.	**ANNEXES**	19
5.1	Termes et unités de mesures normalisés	19
5.2	Autorités compétentes et règlements	19
5.3	Les gaz traceurs et leurs propriétés	19
5.4	Provenance des matériels	20

5.5	Mise en marche et étalonnage du chromatographe à gaz AID modèle 511	20
5.5.1	Montage du chromatographe à gaz	20
5.5.2	Vérification du signal du détecteur	21
5.5.3	Étalonnage	22
5.6	Évaluation des vitesses souhaitables de diffusion	29
5.7	Feuille de données pour la migration des polluants	30
5.8	Liste des documents pour l'évaluation du rendement des bâtiments	32

LISTE DES FIGURES

3.3.1	Exemple de chromatogramme	13
3.3.2	Zones de diffusion et d'échantillonnage	16
3.3.3	Courbes de la concentration en fonction du temps	16
5.5.1	Paramètres de l'intégrateur (en mode courbe)	21
5.5.2	Exemple de signal de sortie de la cellule du détecteur	21
5.5.3	Essai ampérométrique (courant réel)	22
5.5.4	Paramètres de l'intégrateur	22
5.5.5	SF_6 – Étalonnage par l'aire du pic	24
5.5.6	SF_6 – Étalonnage par la hauteur du pic	25
5.5.7	Fréon 12 – Étalonnage par la hauteur du pic	26
5.5.8	SF_6 – Étalonnage par l'aire du pic (injection de 10 µL)	27
5.5.9	SF_6 – Étalonnage par l'aire du pic (injection de différents volumes)	28

1. INTRODUCTION

1.1 BUTS ET OBJECTIFS

Le but des essais décrits dans le présent document est de déterminer les voies par lesquelles les polluants migrent dans un endroit particulier à d'autres emplacements d'un édifice, et l'importance de ces migrations.

Une étude des migrations des polluants est effectuée quand on soupçonne ou qu'il a été établi qu'un polluant particulier est présent à des concentrations suffisamment élevées pour être à l'origine d'un problème, et que la source probable de la pollution a été identifiée. Les voies empruntées par le polluant et les vitesses de son déplacement sont étudiées à l'aide de gaz traceurs simulant son déplacement. Le présent document établit la liste des gaz traceurs appropriés et décrit en détail une méthode de surveillance à l'aide d'un gaz.

1.2 INFORMATIONS GÉNÉRALES

On étudie la migration des polluants à l'aide d'un gaz traceur reproduisant le déplacement d'un polluant à l'intérieur d'un bâtiment. Les techniques des gaz traceurs ont été étudiées de différentes façons pour étudier différents types de déplacement de l'air. Parmi ceux-ci, il y a les fuites d'air dans les pièces fermées d'un bâtiment (infiltration et exfiltration), l'efficacité des systèmes mécaniques (vitesse minimum et maximum de déplacement de l'air frais, et vitesse locale de changement de l'air), ainsi que la migration des polluants. Certaines de ces applications sont décrites dans d'autres documents de la catégorie D dont la liste est présentée dans l'Appendice 5.8.

Lors d'un essai de migration des polluants, une quantité mesurée de gaz traceur est libérée dans une zone identifiée comme source d'un polluant à l'étude. Ensuite, on surveille le transfert de gaz traceur vers des endroits du bâtiment où l'on croit que des polluants s'infiltrent.

Plusieurs gaz traceurs ont été utilisés pour ce type d'étude. Le choix d'un gaz est habituellement basé sur son innocuité, son coût et la disponibilité d'instruments suffisamment sensibles pour effectuer les mesures aux quantités requises aux fins de l'étude. Les caractéristiques souhaitables d'un gaz traceur sont les suivantes, il doit être :

a) mesurable à de très faibles concentrations;
b) mesurable par une technique qui n'est pas sujette aux interférences causées par les substances qu'on trouve normalement dans l'air;
c) une substance qui n'est pas un constituant normal de l'air et qui n'est pas produite par des processus ayant lieu dans le bâtiment à l'étude;
d) inerte, non polaire et ne pas être absorbé sur les surfaces;
e) non toxique et non alergique;
f) ininflammable et non explosif.

Au cours d'études antérieures de bâtiments, la Division du rendement des immeubles a utilisé de façon régulière du propane et du butane comme traceurs. Ces gaz sont conformes à tous les critères ci–dessus (y compris le dernier, aux concentrations normalement utilisés pour les essais de gaz traceurs). Toutefois, ces gaz présentent un certain danger au cours de leur transport et de leur diffusion initiale. De plus, il y a plusieurs autres gaz disponibles qui ne présentent pas de tels dangers et qui sont décelables même à des concentrations inférieures. Parmi ceux–ci, le plus communément utilisé est l'hexafluorure de soufre (SF_6). Dans les cas de sources multiples de pollution à étudier, il peut être souhaitable de les surveiller simultanément par la diffusion de gaz traceurs différents à chaque source. Parmi les autres gaz qu'on peut utiliser, il y a l'octafluorocyclobutane (C_4F_8), l'hexafluoroéthane (C_2F_6) et l'Halon 1301($CBrF_3$). On trouvera dans l'Appendice 5.3 la liste des gaz traceurs qui ont été jugés adéquats pour ce type d'essai, ainsi que leurs propriétés pertinentes.

On effectue des essais de migration des polluants quand on soupçonne ou note l'existence d'un problème de pollution. Ces essais nécessitent des mesures de concentrations d'un polluant déterminé (par exemple l'oxyde de carbone ou le toluène) à des concentrations voisines ou supérieures aux normes, ou qui incommodent les occupants. Il est également nécessaire d'identifier, par l'inspection des plans et du bâtiment, les sources vraisemblables du polluant (p. ex. les cuisines, les quais de chargement, les stationnements ou l'équipement utilisant des produits chimiques volatiles), ainsi que les voies probables de migration (p. ex. les cages d'ascenseur, les gaines de canalisations, les portes ouvertes, les canalisations fuyantes ou les fissures de la structure). Ces informations permettent la sélection d'emplacements adéquats pour la diffusion et la surveillance du ou des traceurs.

Les résultats des essais de gaz traceurs dépendent souvent des conditions environnementales comme l'effort du vent sur le bâtiment, le fonctionnement des systèmes mécaniques, l'intervalle de temps au cours duquel les portes restent ouvertes ainsi que la fréquence d'utilisation des élévateurs. Il peut être nécessaire de répéter les essais plusieurs fois dans des conditions différentes afin de définir correctement le profil de la migration.

2. DÉLIMITATION DU SUJET

2.1 CADRE GÉNÉRAL

L'évaluation de la migration de la pollution est une partie importante de l'étude de la chimie de l'air d'un bâtiment. La chimie de l'air est un des domaines de l'étude servant à l'Évaluation du rendement total de l'édifice. Les évaluations effectuées par la Division du rendement des immeubles comportent sept seuils de qualité interdisciplinaires. Les techniques décrites dans le présent document contribuent à l'établissement du seuil de qualité de l'air.

2.2 LIMITES DE LA TECHNIQUE D'ÉVALUATION

L'évaluation de la migration des polluants ne comprend ni l'identification ni la mesure du polluant. L'existence d'un problème doit être établi par des méthodes décrites en D01, Évaluation du polluant.

Lors d'une étude de la migration d'un polluant, les méthodes des étapes I et II sont utilisées pour identifier les sources de pollution et les voies de migration possibles. L'étape III fournit les données qualitatives et quantitatives concernant la sévérité du problème. L'étude de la migration du polluant dépend souvent des résultats des mesures de l'Évaluation des polluants, étapes II et III. Lors de l'étape III la technique du gaz traçant peut fournir des indices sérieux concernant l'existence des voies de migration, ainsi que des informations au sujet des vitesses de migration.

La méthode du gaz traceur décrite dans le présent document est basée sur l'utilisation d'un chromatographe à gaz pour mesurer les concentrations des gaz traceurs. Le rendement de cet instrument peut être défini en termes de spécificité, de précision et d'exactitude. La spécificité est l'aptitude de l'instrument à distinguer les divers gaz traceurs utilisés. La précision est la mesure de la répétabilité, et indique la cohérence des résultats obtenus à partir d'une série de mesures effectuées avec un même échantillon dans des conditions identiques. Par ailleurs, l'exactitude indique le rapport entre les résultats fournis par l'instrument et la valeur réelle de la quantité mesurée. Généralement, la spécificité et la précision dépendent de la technique et de la conception de l'instrument, alors que l'exactitude dépend souvent de l'étalonnage (substances, et peut-être aussi méthodes d'étalonnage).

Convenablement étalonnés, les chromatographes portatifs utilisés pour ce type d'essai peuvent doser les gaz traceurs avec une exactitude de ± 5 %, qui est plus qu'adéquate pour ce type d'essai. Les concentrations absolues ne sont pas aussi importantes que la différence entre la concentration du gaz traceur à l'emplacement cible présumé et les concentrations dans les emplacements voisins de surveillance.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 ÉTAPE I – ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE

3.1.1 Description des techniques

Une évaluation préliminaire prévoit un examen du plan et des archives, un examen général du bâtiment, une enquête auprès des occupants ainsi que des entrevues portant sur la gestion du bâtiment. Elle donne ainsi une idée générale des caractéristiques du bâtiment ainsi que de l'historique de son rendement.

L'examen du plan et des archives nécessite une étude des plans des étages de l'immeuble, des plans de dispositifs mécaniques, des plans détaillés de rénovation, ainsi que des dossiers des plaintes.

L'examen général donne une évaluation logique des systèmes C.V.C. de l'édifice, et permet de choisir en connaissance de cause des méthodes d'étude plus détaillées. Il peut être effectué dans le cadre d'un examen plus général du rendement total de l'édifice. L'examen général dépend de l'observation des paramètres environnementaux, de l'utilisation de l'édifice ainsi que du rendement des matériaux et des systèmes. Des mesures limitées doivent être effectuées pour obtenir des informations supplémentaires.

Une enquête sous forme de questionnaire peut être utilisée pour connaître la perception des occupants des problèmes en rapport avec les types d'odeurs et leur fréquence.

3.1.2 Équipement

Pour noter les observations, on utilise un carnet de notes, un magnétophone et un appareil photographique. On peut utiliser des poires à fumée lors de l'examen général pour évaluer la circulation de l'air et les voies possibles de migration des polluants dans les bâtiments.

3.1.3 Démarche détaillée

L'examen des plans des étages et des dispositifs mécaniques peut indiquer les voies probables de la migration des polluants des emplacements sources présumés aux zones cibles présumées.

Voici quelques-uns des endroits à surveiller :

- sources possibles de pollution comme les quais de chargement, les stationnements intérieurs, les cuisines, les ateliers d'imprimerie, les sous-sols non ventilés et les laboratoires chimiques ou biologiques, ainsi que les entrées d'air frais situées à proximité des conduits de sortie d'air;
- les voies de migration des sources à d'autres emplacements du bâtiment, par exemple les cages d'ascenseur, les gaines de canalisations, les cages d'escalier, les portes ainsi que les plénums des plafonds.

L'examen général comporte deux parties :

a) des entrevues avec le gestionnaire et le responsable des services techniques du bâtiment afin d'obtenir des informations sur l'utilisation et le fonctionnement de celui-ci (y compris un examen du journal du responsable des services), et

b) un examen général de toutes les parties du bâtiment avec une attention particulière pour tout ce qui est en rapport avec les sources de pollution et la chimie de l'air.

Actuellement, l'examen général peut comprendre des interviews non officiels des occupants visant à clarifier certaines observations. On peut combiner les deux parties en effectuant un examen général en compagnie du gestionnaire ou du chef des services techniques de l'édifice. On doit inspecter les zones soupçonnées d'être à l'origine de problèmes de pollution ou de servir de voies de migration.

Voici quelques-unes des sources habituelles :

- des éléments mécaniques des systèmes de ventilation mal entretenus (humidificateurs, serpentins refroidisseurs, drains, filtres et conduits obstrués);
- quais de chargement;
- produits chimiques ou de nettoyage stockés;
- matériels utilisant des produits chimiques volatiles;
- dispositifs installés par les occupants, par exemple étagères de panneaux de particules non traités;
- fournitures.

Les voies possibles de migration sont les suivantes :

- fissures dans la structure du bâtiment;
- fuites dans les conduits ou les gaines;
- portes souvent ouvertes;
- cages d'ascenseur;
- cages d'escalier et passages sous pression négative.

Il est possible d'identifier les emplacements où les polluants ont migré par l'identification des odeurs présentes aux zones cibles. Par exemple, l'oxyde de carbone peut être accompagné par une odeur de gaz d'échappement de véhicules automobiles. et plusieurs composés chimiques volatiles ont des odeurs caractéristiques. Il faut également interroger les occupants près des voies de migration et des destinations possibles.

3.1.4 Analyse et évaluation

L'examen du plan et des archives a normalement lieu avant l'examen général. Son but est de fournir une meilleure connaissance de l'édifice et de permettre de situer toute source de pollution ou les voies possibles de migration. L'examen général sert à confirmer ou à infirmer les constatations de l'analyse du plan et des archives et à localiser l'emplacement de sources ou de voies de migration supplémentaires.

À la fin de l'examen, les observateurs résument par écrit leurs perceptions. Ils préparent des descriptions de zones particulières ainsi que de l'ensemble du bâtiment. De plus, ils font des comparaisons entre les informations obtenues à l'aide des évaluations du plan et des archives et celles obtenues des responsables de l'édifice.

À cette étape, les dossiers des observations sont compilés et examinés. Les membres de l'équipe se réunissent pour confirmer l'identification des sources, les destinations des polluants et les voies de migration possibles.

Si un questionnaire est utilisé, le groupe des sciences fonctionnelles évalue les résultats des essais et fournit au groupe des sciences environnementales les cotes percentuelles par groupe de travail, par zone de sytème mécanique et par évaluation, ainsi qu'une liste des préoccupations environnementales classée par ordre d'importance perçue. Le spécialiste de la migration de la pollution étudie les résultats, les épure et les compare avec ceux de l'examen des plans et des archives ainsi qu'avec ceux de l'examen général, si ces résultats sont disponibles. Les résultats de l'étude peuvent également être comparés aux résultats obtenus avec des édifices semblables.

La documentation nécessaire pour l'évaluation du questionnaire est comprise dans le document D23–Questionnaires.

3.1.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Avec tous les dossiers disponibles pour l'analyse des plans et archives, une équipe de deux personnes peut effectuer l'examen en une journée de travail.

L'examen général ne demande à deux personnes qu'une seule journée pour un édifice de 10 000 m². La rédaction du rapport demande deux jours. Les discussions, les interviews, les rappels et les recherches concernant les matériaux en place peuvent demander une demi–journée à l'une des deux personnes.

Les ressources requises pour l'analyse de l'occupation et de l'utilisation sont décrites dans les documents D20 à D24.

3.1.6 Documentation : établissement et classement des documents de travail

Toutes les observations et notes écrites doivent être conservées dans les dossiers du projet. Les résultats de l'évaluation préliminaire sont normalement présentés dans une note de service du projet.

3.2 ÉTAPE III – TECHNIQUES DE MESURE SIMPLES

3.2.1 Description des techniques

La technique de mesure simple est basée sur l'utilisation de poires à fumée (détecteurs de courant d'air) destinés à observer le type et l'importance des écoulements d'air provenant des sources de pollution. Cette technique peut être utilisée pour observer les déplacements d'air locaux à des sources de pollution particulières et, à plus grande échelle, pour observer les profils des déplacements d'air dans le bâtiment. Chacune des sources possibles de pollution est identifiée au cours de l'étape I et fait l'objet d'essais séparés.

3.2.2 Équipement

Les essais nécessitent des poires à fumée, les plans et les coupes verticales de l'étage. Les quantités dépendent du nombre de sources de pollution, des dimensions du bâtiment et du nombre de personnes collaborant à l'essai.

Poires à fumée

Un fabricant les appelle détecteurs de courants d'air. La Division de l'évaluation des immeubles utilise les trousses à tubes Drager ou Gastec pour la mesure des courants d'air.

Plans de l'étage

Pour qu'ils soient plus faciles à utiliser, les plans et les coupes verticales doivent être réduits au format normalisé papier lettre, et comporter le schéma des principales limites physiques, avec un système de grille (préférablement selon le système normalisé à colonnes numérotées pour le bâtiment). Ils sont placés sur une planchette à pince facilement transportable au cours des essais.

3.2.3 Démarche détaillée

Effectuer les essais au cours des heures de travail, en période d'occupation normale, ainsi que ceux avec le système C.V.C. fonctionnant en mode opérationnel standard. Bien que les taux d'occupation ainsi que les charges des systèmes de chauffage et de climatisation puissent varier au cours de l'année, effectuer ces essais quand les conditions sont normales pour la saison.

Étudier d'abord les plans, les sources de pollution et les résultats des études antérieures et préparer une liste des sites d'essais. Il faut apporter une attention particulière aux zones à anomalies de fonctionnement connues, comme par exemple celles dont les pressions de fonctionnement sont inférieures ou supérieures à celles des autres systèmes du bâtiment.

Pour les sources particulières de pollution, suivre le mode opératoire suivant :

1. Préparer un croquis de la zone à l'étude, indiquant les positions des diffuseurs de l'approvisionnement en air, des conduits d'air de retour, des portes et des passages.
2. Diffuser une bouffée de fumée près de la source.
3. Sur le croquis, indiquer le trajet suivi par la fumée.
4. Diffuser ensuite d'autres bouffées de fumée à l'emplacement où la fumée s'est dispersée et n'est plus facilement visible. Noter chaque fois le trajet suivi par le fumée et l'indiquer sur le croquis. Libérer des bouffées de fumée à diverses hauteurs du plancher au plafond pour confirmer les profils d'écoulement d'air.
5. Pour les zones pourvues de portes, il est nécessaire d'effectuer deux essais, l'un avec les portes closes et l'autre avec les portes ouvertes.
6. Les profils d'écoulement d'air de grande dimension peuvent être déterminés en libérant des bouffées de fumée et en notant la direction de l'écoulement. Avancer d'environ trois mètres dans la direction de l'écoulement et libérer d'autres bouffées. Si la direction de l'écoulement varie, reculer vers l'emplacement original pour établir le point de changement.
7. À l'emplacement des portes et des ouvertures, libérer une ligne de fumée du plancher au plafond. Noter toute différence dans la direction de l'écoulement de l'air et la hauteur approximative à laquelle la séparation survient.

Indiquer sur les plans de l'étage les écoulements d'air observés, en tenant des informations sur les conditions météorologiques à l'extérieur, par exemple la force et la direction du vent, et noter les conditions de fonctionnement du système mécanique. Au besoin, des coupes verticales ou des profils spéciaux peuvent être nécessaires pour clarifier les profils plus complexes. Noter l'heure et la date des essais ainsi que le nom du technicien. On trouvera dans le document D09, Évaluation de la circulation d'air, des descriptions et des exemples de méthodes semblables.

PRÉCAUTIONS À PRENDRE :

1. Ne pas aspirer la fumée.
2. Quand la fumée est libérée, veiller à ce que le profil ne soit pas modifié par l'emplacement ou le déplacement du corps, ou par l'angle de la poire elle-même.
3. À la fin des essais, neutraliser les tubes de mesure des courants d'air selon les instructions des fabricants avant de les jeter.

3.2.4 Analyse et évaluation

Pour chaque source de pollution possible, il faut présenter des croquis indiquant des profils d'écoulement d'air locaux et généraux. Ces croquis doivent être accompagnés d'une description écrite du bâtiment ainsi que des conditions d'opération des systèmes de C.V.C. au moment de l'essai, et d'une description des conditions météorologiques.

Il est nécessaire d'évaluer les profils d'écoulement d'air observés pour chaque source de pollution en tenant compte des observations et plaintes concernant les polluants notées au cours de l'étape I. Ceci devrait permettre à l'enquêteur de confirmer ou d'éliminer la possibilité que certaines sources de pollution et leurs voies de migration associées soient à l'origine de problèmes particuliers.

Les résultats doivent permettre de préciser les paramètres suivants, bien que tous ceux-ci puissent ne pas être en cause dans un bâtiment donné :

1. Profils généraux d'écoulement de l'air dans une zone source et explications de mécanismes à l'origine de ces profils.
2. Exceptions concernant les profils généraux d'écoulement et discussion des raisons possibles.
3. Comparaison des profils "portes ouvertes" et "portes fermées".
4. Discussion des profils observés par rapport aux profils prévus.
5. Discussion des effets influant sur les profils d'écoulement de l'air pour toute différence observée entre les conditions de fonctionnement prévues et réelles du système mécanique.
6. Le calendrier d'utilisation et le degré d'utilisation des portes des quais de chargement, des entrées et des sorties, de la livraison du matériel et des portes d'élimination; le degré auquel les échanges d'étage à étage sont permis par les ascenseurs, et les effets de tous ces facteurs sur les profils d'écoulement.
7. Discussion sur les effets de la force et de la direction des vents sur les profils d'écoulement d'air.

Avec ces constatations, il faut inclure les plans de l'étage (de préférence 8 1/2 x 11 po.) avec des croquis clairs et concis des profils d'écoulement. Il faut également présenter des coupes verticales pour définir les voies de migration complexes à travers l'espace.

3.2.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Ce type d'évaluation d'un bâtiment de 10 000 m² à deux sources de pollution peut être effectué par une personne en un seul jour de travail. Il est possible de tracer les voies de migration et de rédiger les notes au cours d'une autre demi-journée de travail. Le temps total nécessaire, y compris celui de l'évaluation des résultats des autres études, ne devrait pas dépasser une semaine-personne.

3.2.6 Documentation : établissement et classement des documents de travail

Tous les plans d'étage à noter, croquis et notes écrites doivent être conservés dans le dossier du projet. Les résultats de l'évaluation sont normalement présentés dans une note de service qui peut comprendre des diagrammes des profils de migration du polluant.

3.3 ÉTAPE III – MONITORAGE DÉTAILLÉ ET SPÉCIALISÉ

3.3.1 Description des techniques

Une quantité connue de gaz traceur est libéré à un emplacement préalablement identifié comme une source de pollution. Ensuite, la concentration du gaz traceur est surveillée régulièrement à des points situés le long de la voie de migration présumée, aux emplacements récepteurs de pollution présumés (zones cibles).

Une méthode, appelée méthode de l'indice de transfert (IT), définit le transfert de l'air d'un endroit à un autre.

$$TI = 1/Q_r \int C_t \, dt \qquad (1)$$

où Qr est la quantité de traceur libéré (m^3) et Ct est la concentration mesurée (v/v) au temps t (minutes). Le taux de transfert de l'air Q (m^3/min) de la source à une zone de mesure particulière est donné par la réciproque de l'indice de transfert. L'équation (1) peut être réduite à l'expression suivante :

$$Q = Q_r / (C_{moy} \times t) \qquad (2)$$

Cette méthode est basée sur l'utilisation d'un seul gaz traceur pour étudier une seule source de pollution. Elle peut être étendue à l'étude simultanée de sources de pollution multiples. Ceci nécessite la libération simultanée d'un gaz traceur unique à chaque source de pollution présumée. Les sites d'échantillonnage sont comme ci-dessus, sauf que l'on dose chaque traceur utilisé pour l'essai dans chaque échantillon. Ainsi, les voies de migration de plusieurs sources de pollution peuvent être déterminées simultanément dans des conditions identiques.

L'hexafluorure de soufre est le gaz traceur qui se prête le mieux à cet essai. D'autres gaz traceurs pour des essais de gaz traceurs multiples sont indiqués dans l'Appendice 5.3.

3.3.2 Équipement

Voici la liste du matériel requis :

DIFFUSION D'UN GAZ TRACEUR

Système libérant un volume connu de gaz traceur pendant une courte période (p. ex. 0,5L/min pendant 5 minutes). On peut atteindre ce résultat des deux façons suivantes :

a) un sac rempli de gaz traceur relié à une pompe portative étalonnée; ou

b) une petite bouteille pourvue d'un détendeur à deux étages relié à un régulateur de débit étalonné,

- un chronomètre,
- des walkies–talkies,
- un compteur à bulles utilisé pour calibrer avec exactitude les débitmètres.

Échantillonnage

- Des échantillons d'air sont recueillis dans des tubes en verre sous vide de 10 ml, à revêtement de silicone et bouchés d'un bouchon en caoutchouc butylique. (Ces tubes sont communément appelés tubes à sérum "vacutainer"). Un tube est requis pour chaque échantillon.
- des étiquettes pour chaque tube à échantillon;
- une seringue en propylène jetable B–D de 20 ml pourvue d'une aiguille hypodermique, pour chaque site d'échantillonnage.

Analyse

- un chromatographe à gaz (CG) à détecteur à capture d'électron (DCE);
- une colonne de chromatographie en acier inoxydable de chromacil 310,80/100 mailles au pouce, 10 pi x 1/8 po;
- une bouteille de méthane à 5 % dans l'argon (gaz vecteur) pourvu d'un détendeur à deux étages;
- un enregistreur graphique ou intégrateur destiné à enregistrer le signal de sortie du CG (chromatogrammes);
- des seringues étanches aux gaz (50, 100 et 500 µl) pour l'injection des échantillons;
- des pièces de rechange pour le CG, dont des bouchons pour l'orifice d'injection, des colonnes de CG, divers adaptateurs vissants et des seringues étanches aux gaz;
- des étalons gazeux connus de gaz traceurs/air pour l'étalonnage de la colonne de CG. On peut également utiliser un générateur d'étalon gazeux pour préparer des concentrations connues de traceur.

3.3.3 Démarche détaillée

On doit noter les conditions du milieu prévalant au cours des essais, y compris si les systèmes mécaniques fonctionnent ou non, la vitesse et la direction du vent et si les portes sont ouvertes ou closes. Si des informations concernant les essais de l'un ou l'autre de ces paramètres sont nécessaires, les essais sont répétés en faisant varier les paramètres en question.

ÉTALONNAGE DU CHROMATOGRAPHE À GAZ

Le CG doit être étalonné avant et après chaque jour de travail analytique. On effectue cette opération en analysant des concentrations connues de gaz traceur dans l'air et en calculant le facteur de réponse du détecteur; pour une quantité particulière des gaz traceur injecté, le détecteur donne un pic d'une certaine hauteur. L'étalonnage du chromatographe à gaz AID modèle 511 est décrit en détail dans l'Appendice 5.5. L'étalonnage décrit fournit une plage linéaire de 5 à 500 parties par milliard de SF_6 obtenu à l'aide d'un volume d'injection de 10 µl.

L'étalonnage du CG peut être effectué à l'aide d'étalons de gaz préparés en bouteille ou par la production à chaque jour d'étalons gazeux à l'aide d'un générateur d'étalon de gaz et de tubes de perméation.

Les étalons de gaz sont préparés à l'aide d'un générateur à étalon comme ci-dessous :

- Un dispositif de perméation est placé dans l'étuve du générateur d'étalon. L'étuve est réglé à la température requise pour obtenir le débit de perméation calibré en usine, conformément aux données fournies avec le dispositif de perméation.
- L'écoulement d'air passant par le générateur à étalon est réglé à différentes valeurs de débit de façon à obtenir diverses concentrations gaz traceur/air. L'équation suivante est utilisée pour calculer la concentration de gaz étalon :

$$C_X = \frac{(P_X)(K_X)}{F}$$

où

Cx est la concentration du constituant x exprimée en ppm

Px est la vitesse d'émission totale du constituant x dans le ou les tubes, en ng/min.

Kx est le facteur de conversion unitaire pour le constituant x qui convertit les nanogrammes par minute en nanolitres par minute, dans les conditions de fonctionnement. Une valeur type de Kx est égale à 24,45/(poids mol. de x) pour une pression atmosphérique normalisée à 25°C.

F est le taux de dilution en millimètres par minute à 25°C, à la pression atmosphérique normale.

Le débit d'air F est vérifié à l'aide d'un débimètre à bulles.

DIFFUSION DU GAZ TRACEUR

Le système de diffusion du gaz traceur est situé dans la zone qu'on croit être à l'origine de la pollution. Comme on l'a déjà mentionné, il est possible de diffuser un gaz traceur différent dans chaque zone identifiée comme source possible de pollution. La quantité totale de gaz traceur à libérer est basée sur le volume total du bâtiment et la plage linéaire du chromatographe à gaz (déterminée par étalonnage). On trouvera à l'Appendice 5.6 un exemple de calcul utilisé pour évaluer la quantité de gaz traceur à diffuser.

La diffusion du gaz traceur doit être effectuée sur une période d'environ 5 minutes. Quand on utilise plusieurs gaz traceurs, ils doivent être diffusés simultanément. Dans tous les cas, il faut noter l'heure à laquelle la diffusion est effectuée ($t = 0$).

ÉCHANTILLONNAGE

Le choix des emplacements des échantillonnages dépend des emplacements des sources présumées, des voies de migration et des zones cibles. Il faut prévoir des emplacements de contrôle où les gaz traceurs et les polluants devraient être absents. Effectuez un échantillonnage avant le début de l'essai pour établir les valeurs normales. Après la diffusion, prélevez des échantillons d'air à des moments déterminés à l'avance. Étiquetez clairement chaque échantillon et inscrire le numéro de l'échantillon, ainsi que l'heure et l'emplacement de l'échantillonnage. Normalement, la période d'échantillonnage dure plusieurs heures. Au début, les échantillons sont prélevés à tous les 15 minutes. Par la suite, quand la concentration des gaz traceurs varie plus lentement, on peut utiliser des intervalles d'une demi–heure.

Avant que l'essai commence, chaque emplacement d'échantillonnage doit être pourvu d'un nombre suffisant d'éprouvettes sous vide de 10 cm^3 (vacutainers) pour la période d'échantillonnage ainsi que de seringues de 20 cm^3 B–D pourvues d'une aiguille.

Les étapes du prélèvement des échantillons sont les suivantes :

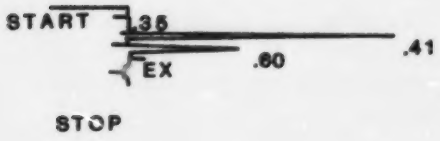
1. Rincez la seringue deux fois en retirant le piston de 0 à 20 cm^3 et repoussez ensuite le piston à 0. Le piston doit être déplacé lentement pour permettre à l'air d'entrer et de sortir de la seringue.
2. Pour recueillir un échantillon d'air, retirez lentement le piston de la seringue jusqu'à la marque de 20 cm^3. Attendre que le piston ne soit plus aspiré par le vide vers l'intérieur de la seringue.
3. Insérez l'aiguille de la seringue dans le bouchon de caoutchouc de l'éprouvette. Le piston doit être aspiré par le vide jusqu'après la marque de 10 cm^3, sinon, il faut considérer que l'éprouvette est défectueuse. Quand le piston arrête, le pousser lentement jusqu'à la marque du 0 et l'y maintenir pendant environ 15 secondes.
4. L'échantillon est étiqueté de façon lisible et rangé pour analyse.

ANALYSE DE L'ÉCHANTILLON

On dose le gaz traceur dans les échantillons d'air à l'aide d'un chromatographe à gaz. On trouvera à la figure 3.3.1 un exemple de chromatogramme. L'analyse peut être effectuée soit sur place, c.–a–d. dans le bâtiment testé, où les échantillons peuvent être emballés avec soin et envoyés par la poste ordinaire jusqu'à un laboratoire central. Il est recommandé de ne pas installer le CG dans les zones où les gaz traceurs sont diffusés.

```
LIST: LIST
PEAK CAPACITY: 1157

ZERO      =  10, 0.0
ATT 2↑    =  0
CHT SP    =  1.0
PK WD     =  0.04
THRSH     =  0
AR REJ    =  0
```




```
RUN # 345                    APR/25/88          12:57:52

ESTD
  RT                AREA TYPE CAL#                AMOUNT
 0.60               5454   BB   1R                62.105

TOTAL AREA=          5454
MUL FACTOR=     1.0000E+00
```

Figure 3.3.1 : Exemple de chromatogramme

Les échantillons d'air sont analysés de la même façon et dans les mêmes conditions d'opération que les étalons. La concentration de gaz traceur dans un échantillon est calculée par l'équation suivante :

$$\text{Concentration de l'échantillon} = \frac{\text{Concentration normalisée}}{\text{hauteur du pic normalisé}} \times \text{hauteur du pic de l'échantillon}$$

Ces calculs supposent que le volume de l'échantillon à injecter est le même que celui normalisé.

Pour chaque emplacement de l'échantillonnage, tracez la courbe de la concentration en fonction du temps. L'aire sous la courbe est obtenue en établissant la moyenne de la concentration du traceur et en multipliant par la période d'échantillonnage en minutes (C_{moy} x temps). La vitesse de transfert de l'air (Q) de la source à l'emplacement d'échantillonnage est ensuite calculée par l'équation :

$$Q(m^3/min) = Q_r\,(m^3)/C_{moy} \times t\ (min)$$

On effectue ce calcul pour chaque emplacement d'échantillonnage.

REMARQUES SUR LA CONCEPTION DE L'ESSAI

Pour l'évaluation de la performance d'un système de C.V.C., il est nécessaire d'examiner chaque constituant du système ainsi que ses effets combinés. Étant donné que chaque système de C.V.C. est unique, la conception de l'essai et son évaluation doivent refléter les particularités de chaque emplacement.

Dans les calculs à indiquer dans l'Appendice 5.6, on suppose que vous effectuez des essais pour déterminer les profils de migration dans tout le bâtiment. Toutefois, si l'on étudie une zone particulière, le volume diffusé doit être calculé à l'aide du volume de la zone à l'étude.

Si, par ailleurs, le volume n'indique pas de migration de polluants, bien qu'il y ait de fortes présomptions, les essais doivent être répétés par la diffusion d'un plus grand volume. Ceci peut être rendu nécessaire par une faible vitesse de transfert de la source à la zone cible.

Quand la vitesse de diffusion est connue avec précision, il n'est pas nécessaire d'échantillonner la zone de diffusion. En fait, les concentrations seraient trop élevées pour les dosages par CG. À cause de la sensibilité du CG, il est recommandé de garder celui-ci à l'écart des gaz diffusés ainsi que des zones de diffusion.

3.3.4 Analyse et évaluation

L'analyse primaire des données vise à déterminer si la présence d'un traceur est décelée dans l'une ou l'autre des zones d'échantillonnage (cibles). La présence d'un gaz traceur dans une zone d'échantillonnage indique que l'air (ou le polluant) migre du lieu de diffusion à la zone d'échantillonnage.

Déterminez le temps requis pour que l'air migre jusqu'à la zone d'échantillonnage en traçant la courbe de la concentration en fonction du temps pour chaque emplacement d'échantillonnage (le temps de diffusion étant t = 0). Les voies générales de migration peuvent être déduites en examinant en regard les courbes de concentration en fonction du temps pour chaque emplacement. En général, la voie de migration suit vraisemblablement la route indiquée par l'ordre chronologique du temps d'arrivée à chaque emplacement.

Il est possible d'évaluer quantitativement la vitesse de transfert de l'air Q (m^3/min) de la zone de diffusion à la zone d'échantillonnage. Cette valeur peut être utilisée pour évaluer l'importance relative de la migration des polluants de chaque source à chaque zone cible.

Par exemple, considérons un édifice à bureaux à stationnement souterrain. Les odeurs de gaz d'échappement ont été décelées aux étages supérieurs. Parmi les voies possibles de migration, il y a les cages d'escalier, les cages d'ascenseur et l'entraînement des gaz d'échappement du stationnement dans l'approvisionnement en air de l'extérieur.

On diffuse un gaz traceur dans le stationnement et on effectue des échantillonnages aux points A, B, C et R, comme l'indique la figure 3.3.2 :

A – dans la cage de l'escalier de l'étage où le problème est noté;

B – à côté de la cage de l'ascenseur à l'étage où un problème aura été noté;

C – dans l'entrée d'air frais qui approvisionne l'étage où le problème est noté;

R – dans le stationnement souterrain.

Des échantillons sont prélevés et analysés. Ensuite, on trace la courbe de la concentration en fonction du temps pour chaque emplacement, comme sur la figure 3.3.3.

L'examen des courbes de concentration en fonction du temps et les résultats de l'évaluation préliminaire permettent de tirer les conclusions suivantes :

1. Le gaz traceur (gaz d'échappement des véhicules automobiles) quittent lentement le stationnement.
2. Le gaz traceur s'infiltre jusqu'à l'étage occupé en passant principalement par la cage d'escalier. Une deuxième source de migration vers le haut est la cage de l'ascenseur. Ceci est indiqué par la concentration supérieure du gaz traceur mesuré précédemment (courbe A). Le maximum de la courbe B survient plus tard.
3. La courbe C indique l'absence de gaz traceur dans l'approvisionnement en air de l'extérieur. Ceci élimine la possibilité d'entraînement du gaz d'échappement dans l'approvisionnement en air frais.

Les mesures correctrices pourraient être les suivantes :

- vérification du fonctionnement du ventilateur d'évacuation d'air du stationnement;
- veiller à ce que toutes les portes de l'escalier demeurent fermées;
- voir à ce qu'un approvisionnement en air adéquat parvienne jusqu'aux étages, de façon à maintenir une pression positive par rapport au stationnement souterrain.

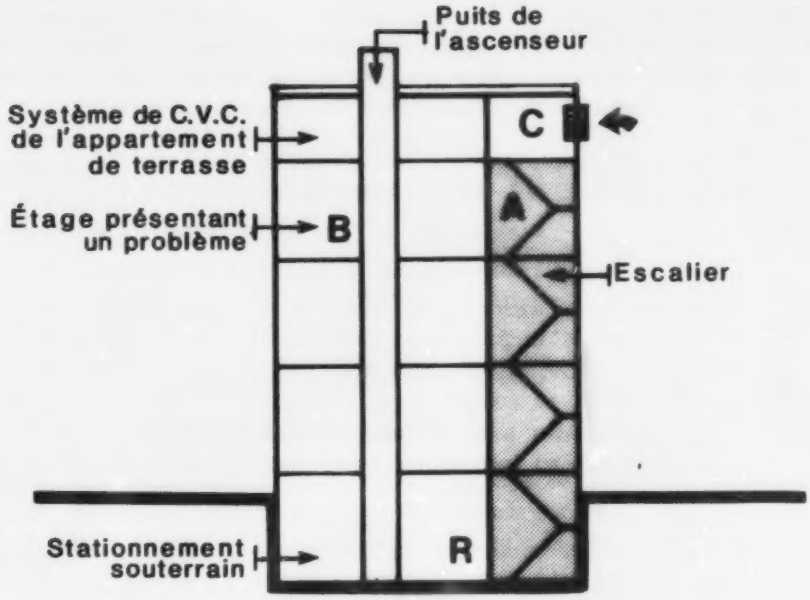


Figure 3.3.2 : Zones de diffusion et d'échantillonnage

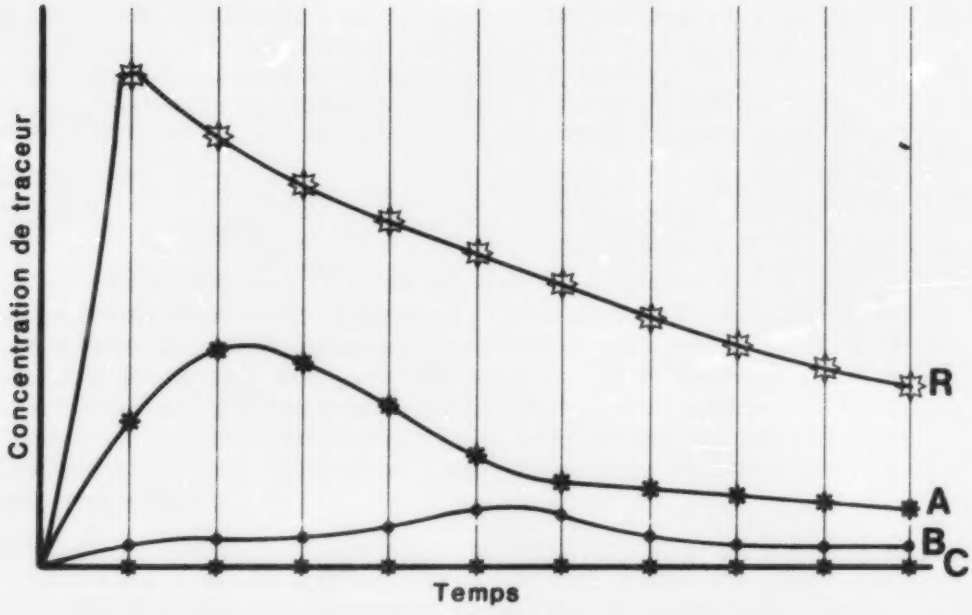


Figure 3.3.3 : Courbes de la concentration en fonction du temps

3.3.5 Moment de l'évaluation et ressources à prévoir

Il faut prévoir deux jours ouvrables avant la visite sur place pour obtenir, vérifier, tester et conditionner tout le matériel requis. Le CG doit être monté la veille de l'essai pour qu'il ait le temps de se stabiliser pendant la nuit. L'étalonnage nécessite environ deux heures.

Les échantillons sont prélevés dans chaque zone cible pendant la période de quatre heures qui suit la diffusion. Le nombre de zones cibles dépend de chaque essai, mais on peut prévoir en général dix zones cibles.

Le nombre de personnes requises dépend du nombre de points de diffusion et du nombre de points de cueillette. Pour un seul gaz traceur et une seule zone de diffusion, deux personnes suffisent. Dans le cas des essais à zones de diffusion multiples, il faut une personne pour chaque zone pour effectuer les diffusions simultanément. Il faut prévoir une journée entière pour effectuer un essai.

L'analyse de l'échantillon et l'enregistrement du chromatogramme nécessitent environ quatre minutes par échantillon.

L'analyse des données demande une journée entière de travail et la préparation du rapport, environ quatre jours de travail.

3.3.6 Documentation : établissement et classement des documents de travail

Les informations de diffusion et d'échantillonnage sont inscrites sur des feuilles de données présentées dans l'Appendice 5.7. Ces feuilles de données et tous les documents de travail en rapport avec l'analyse sont conservés dans les dossiers du projet.

4. RÉFÉRENCES

Entrevues centrées, D22, Série de rapports sur l'évaluation du rendement des immeubles, Travaux publics Canada, mars 1988.

Évaluation des polluants, D01, Série de rapports sur l'évaluation du rendement des immeubles, Travaux publics Canada, mars 1988.

Operating Manual, AID Model 511 Portable Gas Chromatograph, Analytical Instruments Developments, Ltd.

Operating Manual, Dynacalibrator Model 340, Vici Metronics Ltd.

Operating Manual, SC 100 Permeation Oven, CEA Instruments.

Operating Manual, 3390 Recording Integrator, Hewlett Packard Ltd.

Questionnaires, D23, Série de rapports sur l'évaluation du rendement des immeubles, Travaux publics Canada, mars 1988.

Tamura G. and Evans, R., **Evaluation of Evacuated Glass Tubes For Sampling of SF_6/Air Mixture For Air Exchange Measurement**, ASHRAE Journal, octobre 1983.

Total Building Performance Study of the Harry Hays Building, Calgary. Sciences de l'architecture et des bâtiments, Travaux publics Canada, 1984.

Total Building Performance Study of the Winnipeg Taxation Data Centre, Sciences de l'architecture et des bâtiments, Travaux publics Canada, 1984.

5. ANNEXES

5.1 TERMES ET UNITÉS DE MESURE NORMALISÉS

L'air ambiant propre est composé presque exclusivement d'azote (78,1 %), d'oxygène (20,9 %) et d'argon (0,9 %), ainsi que d'autres gaz qui comptent pour moins de 0,1 %. L'unité de mesure utilisée pour les autres gaz est la partie par milliard (ppb). Une concentration de polluant (ou de gaz traceur) égale à 10 pp 10^9 indique que pour chaque milliard de molécules (10^9) d'un volume d'air, on compte dix molécules de polluant (ou de gaz traceur). Une concentration de 10 000 000 ppb est équivalente à une concentration de 1 % en volume.

5.2 AUTORITÉS COMPÉTENTES ET RÈGLEMENTS

Il n'existe pas de norme s'appliquant directement à la migration des polluants mais toutefois, le Code national du bâtiment du Canada comporte des exigences pour la ventilation vers l'extérieur de l'air des salles de toilette, des stationnements et des laboratoires.

Si une importante source de pollution est présente dans un bâtiment ou près de celui–ci, si la migration du polluant par ou vers ce bâtiment est à l'origine de fortes concentrations intérieures de polluants, alors les normes d'air intérieur appropriées pour ce polluant s'appliquent. On trouvera des précisions concernant les autorités compétentes et les normes pour les polluants de l'air intérieur les plus importants dans le rapport D01, Évaluation des polluants.

Au cours de l'essai au gaz traceur, la concentration initiale maximale permissible de gaz traceur ne doit pas dépasser la valeur seuil limite (TLV) établie pour ce gaz par la Sécurité et la santé au travail.

5.3 LES GAZ TRACEURS ET LEURS PROPRIÉTÉS

GAZ TRACEUR	FORMULE CHIMIQUE	POIDS MOLÉCULAIRE	VALEUR SEUIL LIMITE (TLV) (ppm)	SEUIL DE MINIMUM DÉTECTION ESTIMÉ (ppm)	MASSE VOLUMIQUE (ng/ml à 20°C et 101.3 Pa)
Hexafluorure de soufre	SF_6	146	1000	0.0001	0.61
Octafluoro-cyclobutane (fréon C-318)	C_4F_8	200	-	0.05	0.93
Hexafluoroéthane (fréon 116)	C_2F_6	138	-	0.05	0.57
Dichlorodifluoro-méthane (fréon 12)	CCl_2F_2	120.9	1000	0.05	0.50
Bromochloro-difluorométhane (Halon 1211)	$CBrClF_2$	165.4	(1)	0.05	0.69
Bromotrifluoro-méthane (Halon 1301)	$CBrF_3$	149	(1)	0.05	0.62

(1) La concentration léthale appropriée (CLA) est supérieure à 300 000 ppm.

5.4 PROVENANCE DES MATÉRIELS

Chromatographe à gaz portatif Analytical Instruments Developments (AID), modèle 511, à détecteur à capture d'électrons.	– Levitt–Safety Ltd.
Colonne chromatographique Chromacil 310, 80/100 mailles au pouce, 10 pi x 1/8 po.	– Chromatographic Specialties Ltd. Brockville, Ontario K6V 5W1
Gaz vecteur argon–méthane	– Matheson Gas Products
Intégrateur HP 3390	– Hewlett Packard Ltd.
Enregistreur graphique linéaire N° 142	– Allied–Fisher Scientific
Gaz d'étalonnage	– Matheson Gas Products
Générateur d'étalons gazeux	– Applied Research Products (Dynacalibrator)
Four de perméation	– Aquatronix Inc. (SC 100)
Seringues jetables B–D	– Canlab
Éprouvettes Vacutainers	– Canlab

5.5 MISE EN MARCHE ET ÉTALONNAGE DU CHROMATOGRAPHE À GAZ AID MODÈLE 511

Voici une brève description du montage et de l'étalonnage du chromatographe à gaz AID, modèle 511, pourvu d'un intégrateur électronique Hewlett–Packard 3390.

5.5.1 Montage du chromatographe à gaz

- Pour effectuer l'essai suivant, utiliser une colonne d'acier inoxydable Chromacil 310 de 8 pi x 1/8 po dia.
- Brancher le CG au bloc d'alimentation rechargeable (bloc et CG hors circuit).
- Raccorder la canalisation de gaz vecteur à "Carrier Port", sur la partie supérieure du CG. Le gaz vecteur est un mélange de 5 % méthane dans de l'argon.
- Régler la pression de la bouteille (à l'aide d'un détendeur à deux étages) de façon à obtenir une pression de 80 lb/po^2. Le manomètre interne du CG devrait indiquer une pression supérieure à 60 lb/po^2.
- Ouvrir le robinet sur la partie supérieure du CG jusqu'à l'obtention d'une pression d'environ 30±1 lb/po^2. On doit obtenir un débit à l'entrée d'environ 37 cm^2/min.

Le débit de la colonne peut être vérifié à l'aide d'un débimètre à bulles relié à la sortie du détecteur.

- Mettre en position "ouvert" les commutateurs du bloc d'alimentation et du CG.
- Brancher l'intégrateur au CG.
- Laisser le système atteindre l'équilibre, de préférence pendant la nuit.

5.5.2 Vérification du signal du détecteur

Surveillance du signal de base

Le but de cette vérification est d'obtenir des informations sur les conditions d'installation de l'instrument, par exemple sur la pureté du gaz vecteur, sur les fuites éventuelles du système, la purge de la colonne et le bruit de fond électronique.

La surveillance de la ligne de base du détecteur est effectuée en réglant les paramètres de l'intégrateur, la plage de l'électromètre et l'atténuateur selon les indications de la figure 5.5.1. La ligne de base de la cellule est illustrée à la figure 5.5.2.

```
LIST:  LIST
PEAK CAPACITY:  1157

ZERO      =  10, 0.5
ATT 2↑    =  0
CHT SP    =  1.0
PK WD     =  0.04
THRSH     =  0
AR REJ    =  0
```

Figure 5.5.1 Paramètres de l'intégrateur (en mode courbe). (Plage de l'électromètre 1, atténuateur 64)

Figure 5.5.2 Exemple de signal de sortie de la cellule du détecteur

Essai ampérométrique (courant réel)

Une fois le système équilibré, un essai ampérométrique (courant réel) indiquera l'état de propreté de la cellule du détecteur.

Suivre le mode opératoire décrit aux pages 6–10 du manuel d'instructions de l'appareil AID modèle 511. Régler le détecteur à la plage 102, l'atténuateur à 64 et l'intégrateur comme sur la figure 5.5.1.

La déflection du signal par rapport à la ligne de base indique le courant réel du détecteur en pourcentage par rapport à la valeur maximum de l'échelle. Toute perte de courant indique une perte de sensibilité. Un courant réel de moins de 10 % d'une valeur maximum de l'échelle indique que le détecteur doit être révisé (voir manuel).

Un courant réel d'environ 80 %, figure 5.5.3, indique que le système est propre et que sa réponse est excellente.

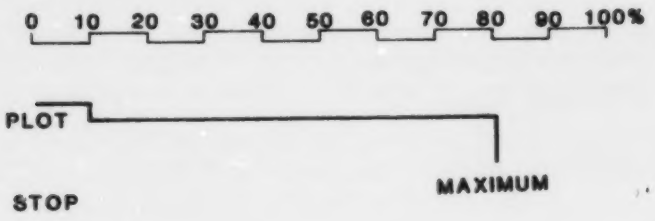


Figure 5.5.3 Essai ampérométrique (courant réel)

5.5.3 Étalonnage

Pour effectuer l'étalonnage de l'instrument, régler les paramètres de l'intégrateur conformément à la figure 5.5.4.

ZERO	=	10, 0.5
ATT 2↑	=	0
CHT SP	=	1.0
PK WD	=	0.04
THRSH	=	0
AR REJ	=	0

Figure 5.5.4 Paramètres de l'intégrateur

Sauf pour ce qui est du réglage "zéro", tous les autres paramètres sont des valeurs par défaut et sont réglés automatiquement dès que l'intégrateur est mis sous tension. La plage de l'électromètre du CG est réglée à 1 et l'atténuateur, à 256. Ces paramètres fournissent le maximum d'information à partir du signal du détecteur. Des informations détaillées sur le fonctionnement de l'intégrateur Hewlett–Packard 3390 sont présentées dans le Quick Reference Guide ou dans l'Operation Reporting Integrator Manual plus détaillé.

Il est important de comprendre que la technique d'étalonnage sera déterminée par la méthode d'introduction de l'échantillon (injection) utilisée pour l'analyse (seringue ou robinet d'échantillonnage de gaz). La même technique d'injection peut être utilisée pour l'étalonnage et le dosage des échantillons.

Pour déterminer la valeur du facteur de réponse du traceur, le technicien peut mesurer soit la surface, soit la hauteur du pic. Comme on le voit dans les figures 5.5.5 et 5.5.6, une réponse linéaire est obtenue pour chaque mode.

Étalonnage avec seringue (hexafluorure de soufre ou fréon 12)

On peut utiliser des injections d'étalons à des concentrations différentes pour déterminer la plage linéaire du DCE (détecteur à capture d'électrons). Si une grande plage linéaire est nécessaire, un volume d'injection de 10 µL et recommandé. On trouvera des exemples de cette technique d'étalonnage aux figures suivantes : 5.5.5 (SF_6 – étalonnage par l'aire du pic); 5.5.6 (SF_6 – étalonnage par la hauteur du pic) et 5.5.7 (fréon 12, étalonnage par la hauteur du pic). La figure 5.5.8 (SF_6 – étalonnage par l'aire du pic) indique que la partie supérieure de la plage linéaire obtenue avec le SF_6 est d'environ 750 ppb pour une injection de 10 µL.

Une autre technique d'injection destinée à déterminer la linéarité du système consiste à utiliser le même étalon mais à faire varier le volume injecté. Un exemple de ce type d'étalonnage est donné dans la figure 5.5.9 (SF_6 – étalonnage par l'aire du pic). Cette figure a été obtenue en injectant divers volumes de SF_6 à 57 ppb.

Étalonnage avec une boucle d'introduction de gaz (BIG)

À cause de l'important volume mort de la BIG (environ 85 µL), la plage d'étalonnage de l'instrument est limitée à des concentrations inférieures à 50 ppb de SF_6. Toutefois, la BIG amène un problème, soit une augmentation de pression quant l'échantillon est introduit dans le système. Ceci dérègle la ligne de base de la surface du pic d'élution de l'hexafluorure de soufre et peut rendre difficile une intégration adéquate de la surface du pic aux très faibles concentrations.

Régression linéaire

Pente	=	133.1365
Corrélation	=	.9999954
Ordonée	=	-121.26892
Abcisse	=	.9109
Inverse de la pente	=	.00751109

X 1	=	0	Y 1	=	0
X 2	=	57	Y 2	=	7333
X 3	=	579	Y 3	=	76978

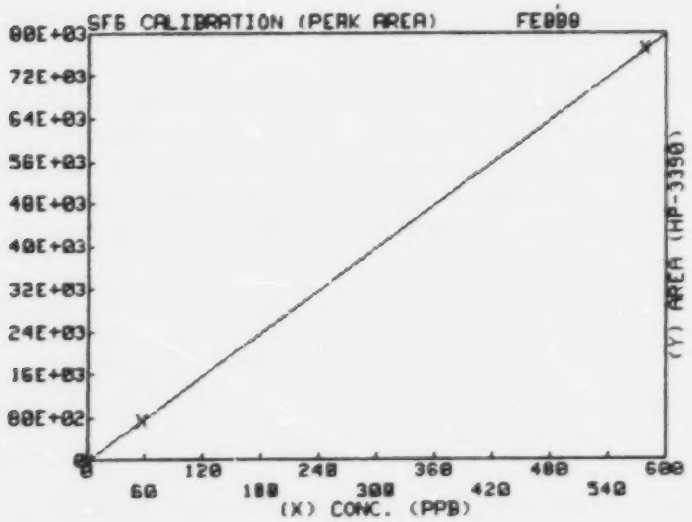


Figure 5.5.5 SF_6 – Étalonnage par l'aire du pic (injection de 10 µL)

```
***Régression linéaire***

Pente                  =      60.0613
Corrélation            =        .9999778
Ordonée                =     120.664
Abcisse                =      -2.00901
Inverse de la pente    =        .0166496
```

```
X 1  =  0                    Y 1  =  0
X 2  =  57                   Y 2  =  3678
X 3  =  579                  Y 3  =  34883
```

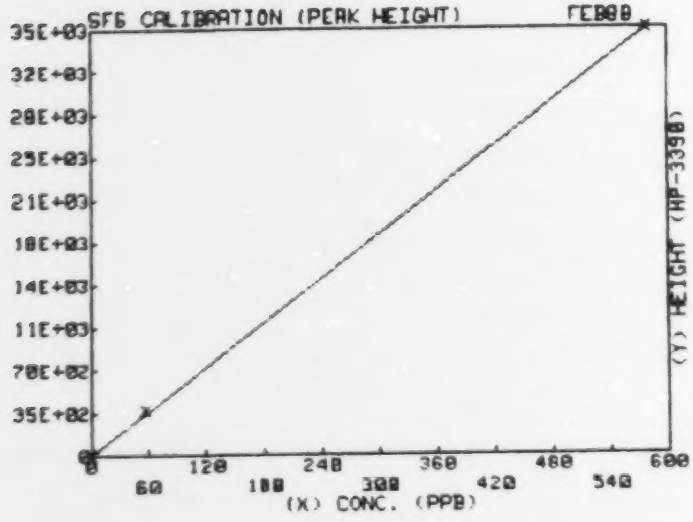


Figure 5.5.6 SF_6 – Étalonnage par la hauteur du pic (injection de 10 µL)

Régression linéaire

Pente	=	347.8105
Corrélation	=	.9997369
Ordonée	=	-3.14418
Abcisse	=	.00904
Inverse de la pente	=	.00287513

X 1	=	0	Y 1	=	0
X 2	=	2.15	Y 2	=	713
X 3	=	4.6	Y 3	=	1639
X 4	=	9.2	Y 4	=	3183

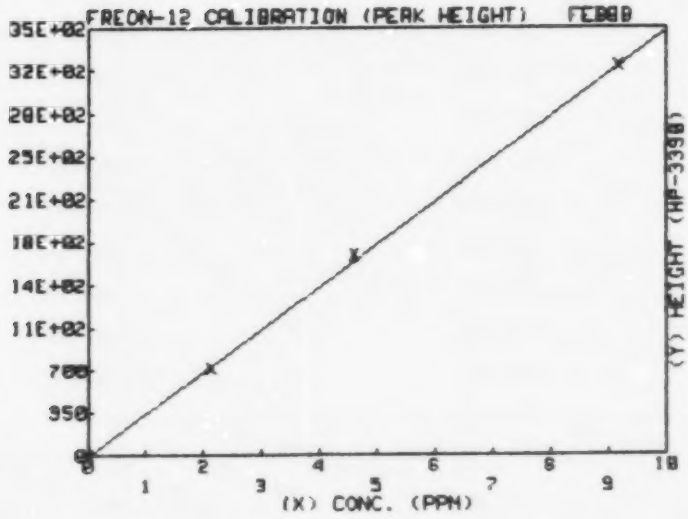


Figure 5.5.7 Fréon 12 – Étalonnage par la hauteur du pic (injection de 10 µL)

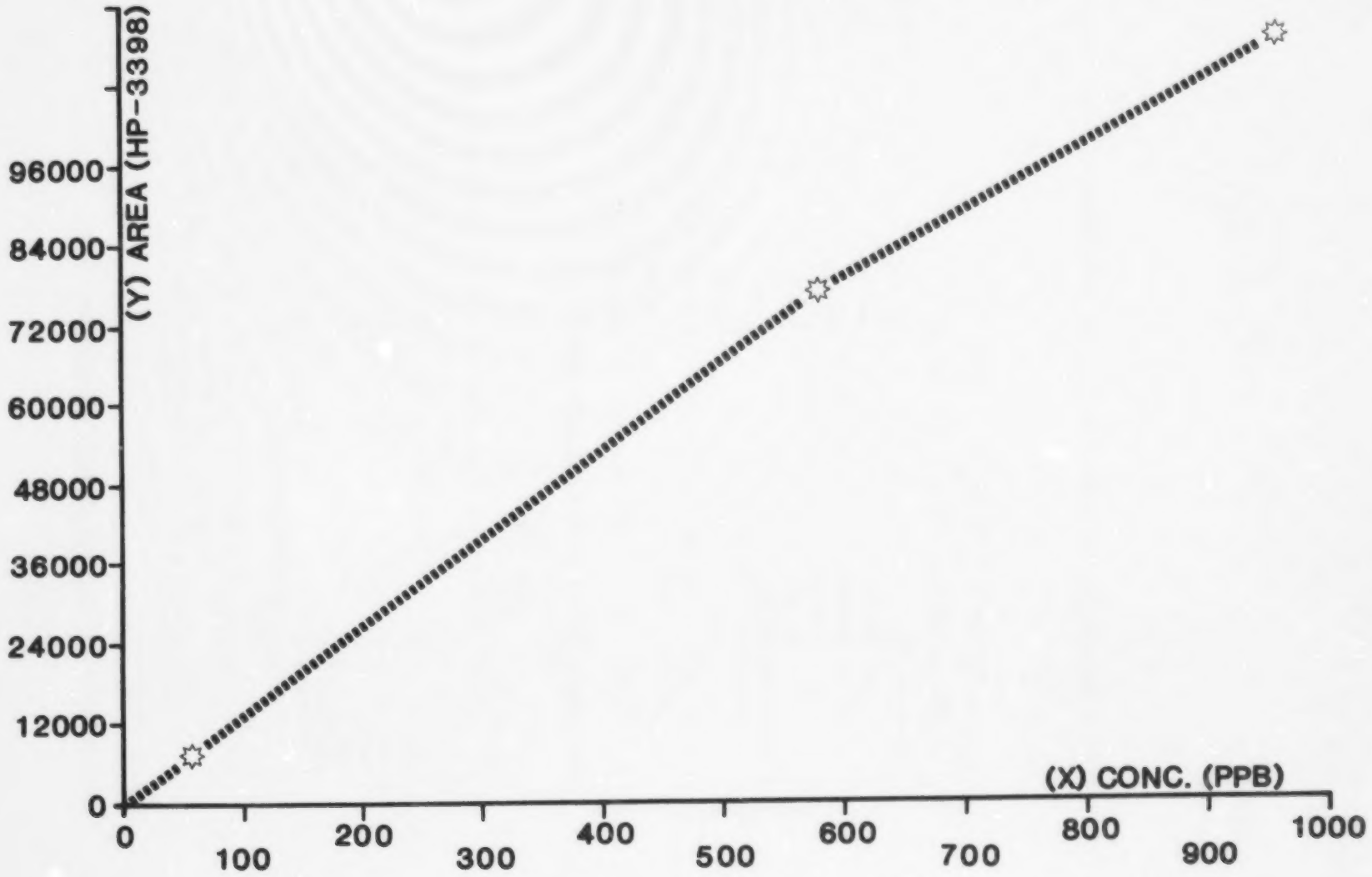


Figure 5.5.8 SF_6 – Étalonnage par l'aire du pic (injection de 10 µL)

Régression linéaire

Pente	=	724.5698
Corrélation	=	.9995004
Ordonée	=	844.4397
Abcisse	=	-1.16544
Inverse de la pente	=	.00138013

X 1	=	0	Y 1	=	0
X 2	=	5	Y 2	=	3765
X 3	=	10	Y 3	=	7930
X 4	=	20	Y 4	=	16558
X 5	=	40	Y 5	=	30349
X 6	=	60	Y 6	=	44988
X 7	=	80	Y 7	=	59296
X 8	=	100	Y 8	=	72109

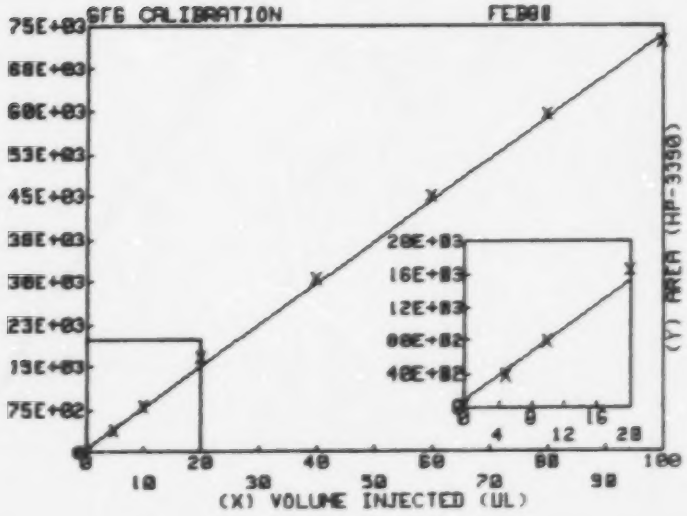


Figure 5.5.9 SF_6 – Étalonnage par l'aire du pic (injection de différents volumes)

5.6 ÉVALUATION DES VITESSES SOUHAITABLES DE DIFFUSION

Mode opératoire

1. Calculer le volume total approximatif de l'aire dans la bâtiment (V).

2. Supposer que le gaz traceur se diffusera uniformément dans tout le bâtiment.

   Déterminer la plage linéaire du ou des gaz traceurs à utiliser. Utiliser une concentration cible (C_{eq}) égale à 1/4 de la valeur maximum décelable selon la plage linéaire.

3. Calculer le volume du gaz traceur à diffuser (Q_r)

   $$Q_r = C_{eq} \times V$$

4. Calculer la vitesse de diffusion (G) pour une période de diffusion de 5 minutes.

   $$G = Q_r / t$$

Calcul de l'échantillon (hexafluorure de soufre)

1. Calculer le volume total approximatif d'air du bâtiment

Air brut des étages du bâtiment (A)	18,000 m²
80 % de A pour tenir compte des murs intérieurs et de l'ameublement	14,400 m²
Hauteur hors-tout (H)	3.5 m
Volume approximatif du bâtiment (V)	50,400 m³

2. Plage linéaire du CG pour l'hexafluorure de soufre à 5–400 10^9.
   La concentration cible est le quart du maximum

   $$C_{eq} = 0.25 \times 400 = 100 \text{ ppb.}$$

3. Calculer le volume du gaz traceur à diffuser.

   $$Q_r = 100 \times 10^{-9} \times 50{,}400 \text{ m}^3$$
   $$= 0.005 \text{ m}^3$$
   $$= 5.04 \text{ L}$$

4. Calculer la vitesse de diffusion pour une période de 5 minutes.

   $$G = 5.04 \text{ L}/5 \text{ min}$$
   $$= 1.008 \text{ L/min}$$

5.7 FEUILLE DE DONNÉES POUR LA MIGRATION DES POLLUANTS

LIBÉRATION DES GAZ TRACEURS

Type d'essai : Gaz traceur

Bâtiment : _____

Date : _____

Série d'essais n° : _____

Conditions des essais : _____

_____

_____

_____

Emplacement	Gaz traceur	Vitesse de diffusion (L/min)	Quantité diffusée (L)	Heure du début de l'essai

ÉCHANTILLON DE GAZ TRACEUR

Type d'essai : Gaz traceur

Bâtiment : _____

Date : _____

Série d'essais n° : _____

Conditions des essais : _____

_____

_____

_____

☐ Source ☐ Cible ☐ Voie ☐ Vérification

Échantillon n°	Temps nécessaire	Gaz traceur	Hauteur de pic de CG	Facteur de réponse	Conc. (pp 10^9)

5.8 LISTE DES DOCUMENTS POUR L'ÉVALUATION DU RENDEMENT DES BÂTIMENTS

Les documents de cette série sont subdivisés en quatre catégories différentes. Les documents de la catégorie A décrivent l'utilisation des documents des trois autres catégories. Les documents de la catégorie B constituent un répertoire des essais incluant une table des matières et des références croisées. Les documents de la catégorie C donnent un compte rendu des trois domaines de rendement et résument les documents de la catégorie D dans leur domaine respectif. Les documents de la catégorie D contiennent une description des caractéristiques de rendement et décrivent les moyens d'évaluer ces caractéristiques.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevés	C1	Rendement énergétique et environnemental
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement énergétique et environnemental	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale: rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes: rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations: rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations
Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux: relevé de la condition
	D31	Dalles et toits structuraux: relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement: relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systèmes de couvertures